

Otto-von-Guericke Universität Magdeburg



OTTO VON GUERICKE
UNIVERSITÄT
MAGDEBURG

INF

FAKULTÄT FÜR
INFORMATIK

Masterarbeit

**Fachkonzeption zur Prototypischen Entwicklung einer
TPM-Funktionalität auf Basis eines EAM-Systems**

Fakultät für Informatik

Institut für Technische und Betriebliche Informationssysteme

-Managementinformationssysteme-

Betreuer: Prof. Dr. rer. pol. habil. Hans-Knud Arndt

Vorgelegt von: Thomas Klein

Abgabetermin: 15.09.2015

Eidesstattliche Erklärung

„Ich erkläre hiermit an Eides Statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig angefertigt habe und dazu keine anderen als die angeführten Behelfe verwendet, die Autorenschaft eines Textes nicht angemaßt und wissenschaftliche Texte nicht unbefugt verwertet habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher weder in gleicher noch in ähnlicher Form einer andern Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.“

Magdeburg, den 15. September 2015

Inhaltsverzeichnis

Eidesstattliche Erklärung	3
Inhaltsverzeichnis	4
Abbildungsverzeichnis	7
Tabellenverzeichnis	9
Abkürzungsverzeichnis	10
1 Einleitung.....	11
1.1 Hintergrund und Motivation	11
1.2 Problemstellung und Relevanz	11
1.3 Nutzen und Vorteile durch die Arbeit	12
1.4 Vorgaben und Einschränkungen für die Arbeit	12
1.5 Ziel und Methodik	13
1.6 Aufbau der Arbeit	13
2 Theoretische Grundlagen	15
2.1 Instandhaltung.....	15
2.1.1 Abnutzungsvorrat	15
2.1.2 Schaden, Störung, Ausfall.....	16
2.1.3 Instandhaltungsdefinition	17
2.1.4 Funktioneller und institutioneller Instandhaltungsbegriff	17
2.1.5 Arbeitsgegenstand der Instandhaltung	18
2.1.6 Betriebs- und volkswirtschaftliche Bedeutung der Instandhaltung	18
2.1.7 Entwicklungen und Trends in der Instandhaltung.....	19
2.2 Total Productive Maintenance	19
2.2.1 Ein geschichtlicher Überblick.....	19
2.2.2 Überblick der TPM-Ansätze	21
2.2.3 Sechs große Verluste	24
2.2.4 Overall Equipment Effectiveness.....	24
2.2.5 Das TPM-Säulenmodell	26
2.3 Autonome Instandhaltung im Rahmen von TPM	29
2.3.1 Aufgabenverteilung	30
2.3.2 Vor- und Nachteile der autonomen Instandhaltung	31
2.3.3 Stufenmodell der autonomen Instandhaltung	33
2.4 Ordnungsrahmen	36
2.4.1 Begriffsbestimmung	36

Inhaltsverzeichnis

2.4.2	Ursprung.....	36
2.4.3	Definition.....	38
2.4.4	Aufgaben	40
2.4.5	Domänenspezifische Beispiele	42
2.5	Architektur integrierter Informationssysteme	44
2.5.1	Architekturbegriff.....	44
2.5.2	Grundgedanke von ARIS.....	44
2.5.3	Zerlegung in die Beschreibungssichten	45
2.5.4	Unterteilung in die Beschreibungsebenen	48
2.6	Ist-Betrachtung.....	50
2.6.1	Vorgehensmodell zur Modellierung der Ist-Situation.....	51
2.6.2	Ist-Analyse	53
3	Instandhaltung durch Fertigungsmitarbeiter in der VW AG	54
3.1	Instandhaltung in der VW AG.....	54
3.2	Einsatz von TPM in der VW AG.....	56
3.3	Autonome Instandhaltung in den Fertigungsbereichen	57
3.3.1	Abweichungen von der TPM-Literatur	57
3.3.2	W.I.R.-Pläne	58
3.3.3	Qualifikation der Produktionsmitarbeiter.....	60
3.4	TPM-Tafeln der Fertigung.....	61
3.5	Instandhaltungssysteme.....	63
3.6	Aktuelles Vorgehen der Instandhaltung durch Fertigungsmitarbeiter	66
3.6.1	Ist-Erhebung	66
3.6.2	Ist-Analyse	74
4	Ordnungsrahmen für die autonome Instandhaltung.....	81
4.1	Lösungsansatz für Probleme aus IST-Analyse	81
4.2	Entwicklung des Ordnungsrahmens.....	83
4.2.1	Allgemeiner Instandhaltungsprozess	83
4.2.2	Auslöser für Instandhaltung	84
4.2.3	Instandhaltungstätigkeiten	87
4.2.4	Organisatorische Grundlagen.....	96
4.3	Finaler Ordnungsrahmen	97
4.3.1	Grundstruktur des Ordnungsrahmens	97
4.3.2	Detaillierung der Elemente	98
4.3.3	Strukturierung der Elemente.....	99

Inhaltsverzeichnis

4.3.4	Vollständiger Ordnungsrahmen für die autonome Instandhaltung.....	102
5	Fachkonzeption eines TPM-Prototypen auf Basis von IBM MAXIMO.....	104
5.1	Beseitigung der Schwachstellen aus der IST-Erhebung durch IT-Unterstützung.....	104
5.2	IT-System „TPM-Fertigung“.....	106
5.3	Modellierung des Soll-Prozesses gemäß ARIS.....	108
5.3.1	Organisationssicht.....	108
5.3.2	Funktionssicht.....	111
5.3.3	Datensicht.....	113
5.3.4	Steuerungssicht.....	116
5.3.5	Verbindungsunkte zwischen den ARIS-Sichten und dem Ordnungsrahmen.....	121
5.4	Grundlagen aus Sicht von MAXIMO.....	124
5.4.1	Maschinengruppen.....	125
5.4.2	Schichtmodell.....	127
5.4.3	TPM-Auftrag.....	127
5.4.4	Zeit- und Zählersteuerung für die Aufgabensichtbarkeit.....	130
5.5	Umsetzung der Anwendung „TPM-Fertigung“.....	134
5.5.1	Oberfläche der Applikation.....	134
5.5.2	Funktionalität.....	137
5.5.3	Testbetrieb der Lösung.....	141
5.5.4	Datenaustausch mit MAXIMO.....	141
6	Zusammenfassung.....	143
6.1	Fazit:.....	143
6.2	Ausblick:.....	145
	Literaturverzeichnis.....	147
	Anhang.....	150
A.1.	TPM-Verfahrensschritte.....	150
A.2.	Autonome Instandhaltung.....	151
A.3.	Inhalte der TPM-Tafel.....	154

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1: Schematischer Verlauf des Abnutzungsvorrates	15
Abbildung 2-2: Evolution der Instandhaltung	20
Abbildung 2-3: Zusammenhang der Effektivitätsverluste	25
Abbildung 2-4: übliche Darstellung des TPM-Tempels.....	26
Abbildung 2-5: Transferdiagramm für TPM-Aufgaben.....	30
Abbildung 2-6: Original INFORMATION SYSTEM ARCHITECTURE FRAMEWORK	37
Abbildung 2-7: Architektur für Handelsinformationssysteme: das Handels-H.....	42
Abbildung 2-8: Erweiterte Fassung des Y-CIM-Modells.....	43
Abbildung 2-9: ARIS-Architektur	45
Abbildung 2-10: Beschreibungsebenen des Life-Cycle-Konzeptes.....	48
Abbildung 3-1: Instandhaltungsstrategien	55
Abbildung 3-2: TPM im Konzern-Produktionssystem.....	56
Abbildung 3-3: W.I.R.-Plan einer Anlage der Dämpferproduktion.....	59
Abbildung 3-4: TPM-Tafel im Fertigungsbereich	61
Abbildung 3-5: möglicher Minimalinhalt einer TPM-Tafel.....	62
Abbildung 3-6: Einordnung MAXIMOs in die Unternehmensebenen	64
Abbildung 3-7: Schematische Darstellung des MIB.....	65
Abbildung 3-8: Ist-Prozess: TPM-Gesamtprozess (eEPK).....	68
Abbildung 3-9: Ist-Prozess: TPM-Maßnahme vorbereiten (eEPK).....	70
Abbildung 3-10: Ist-Prozess: Durchführung der W.I.R.-Maßnahmen (eEPK)	71
Abbildung 3-11: Ist-Prozess: Werktechnik informieren (eEPK).....	72
Abbildung 3-12: Ist-Prozess: Mängelkarten ausfüllen und hinterlegen (eEPK).....	73
Abbildung 3-13: Ist-Prozess: TPM-Maßnahmen nachbereiten (eEPK).....	74
Abbildung 4-1: Instandhaltungsprozess	84
Abbildung 4-2: Grundstruktur des Ordnungsrahmens.....	98
Abbildung 4-3: Prozess der autonomen Instandhaltung mit seinen Teilprozessen	99
Abbildung 4-4: Teilprozesse der Wartung	99
Abbildung 4-5: Gliederung der Instandhaltungsmaßnahmen	100
Abbildung 4-6: Matrixdarstellung der Instandhaltungstätigkeiten.....	101
Abbildung 4-7: Vollständiger Instandsetzungsprozess mit Auslösern und Teilprozessen.....	102
Abbildung 4-8: Ordnungsrahmen für die autonome Instandhaltung	103
Abbildung 5-1: Organigramm der Organisationssicht	110
Abbildung 5-2: Funktionsbaum der Funktionssicht.....	112
Abbildung 5-3: Erweitertes Entity-Relationship-Modell der Datensicht	115

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 5-4: Soll-Prozess: Durchführung der W.I.R.-Maßnahmen (eEPK).....	117
Abbildung 5-5: Soll-Prozess: Werktechnik informieren (eEPK)	118
Abbildung 5-6: Soll-Prozess: TPM-Gesamtprozess (eEPK)	120
Abbildung 5-7: Verbindung zwischen Organigramm und Ordnungsrahmen.....	121
Abbildung 5-8: Verbindung zwischen Funktionsbaum und Ordnungsrahmen.....	122
Abbildung 5-9: Verbindung zwischen eEPK und Ordnungsrahmen (autonome IH)	122
Abbildung 5-10: Verbindung zwischen eEPK und Ordnungsrahmen (Schadensfall).....	123
Abbildung 5-11: Verbindung zwischen eEPK und Ordnungsrahmen (geplanter Auftrag)	124
Abbildung 5-12: Verbindung zwischen eEPK und Ordnungsrahmen (Folgauftrag)	124
Abbildung 5-13: Erfassungsmaske für die Anwendung „Maschinengruppe“	126
Abbildung 5-14: MAXIMO-Standardfunktion „Kalender“	127
Abbildung 5-15: Erfassungsmaske für die Anwendung „TPM-Auftrag“	128
Abbildung 5-16: MAXIMO-Standardfunktion „Zyklus“	131
Abbildung 5-17: Schematische Berechnung für die Aufgabensichtbarkeit.....	134
Abbildung 5-18: Hauptbereiche der Anwendungsoberfläche.....	135
Abbildung 5-19: Mögliche Struktur des Maschinengruppenbaumes.....	135
Abbildung 5-20: Mögliche Darstellung der Aufgabendetails und Rückmeldeoptionen.....	136
Abbildung 5-21: Mögliche Anwendungsoberfläche von „TPM-Fertigung“	137
Abbildung 5-22: Eingabemaske für Zusatzinformationen.....	139
Abbildung 5-23: Eingabemaske für einen Folgeauftrag	140
Abbildung 5-24: Schematische Darstellung der Datenverarbeitung.....	142

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1: Gegenüberstellung der Phasenmodelle der autonomen Instandhaltung	58
Tabelle 3-2: MAXIMO-Nutzerkreis und Aufgaben.....	64
Tabelle 4-1: MAXIMO-Auftragsarten der Instandhaltung.....	82
Tabelle 4-2: Instandhaltungstätigkeiten in der Literatur	88
Tabelle 4-3: Wartungs-, Inspektions- und Instandsetzungstätigkeiten aus der Literatur	89
Tabelle 4-4: Häufigkeit der Instandhaltungstätigkeiten.....	90
Tabelle 4-5: Überarbeitete Instandhaltungstätigkeiten	92
Tabelle 4-6: Zusammenfassung der Bestandteile des Ordnungsrahmens.....	97
Tabelle 5-1: Beitrag der unterschiedlichen Versionen der IT-Lösung.....	107
Tabelle 5-2: Datenstruktur der Tabelle „Maschinengruppe“	125
Tabelle 5-3: Datenstruktur der Tabelle der einzelnen Positionen	126
Tabelle 5-4: Datentypen der möglichen TPM-Auftragsarten.....	129
Tabelle 5-5: Zusätzliche Datenfelder der Rückmeldungstabelle.....	130
Tabelle 5-6: Erfassungsmaske für die manuelle Auftragsrückmeldung	130
Tabelle 5-7: Beispiel für die berechneten Fälligkeiten bei Ist- und Sollstart.....	132
Tabelle 5-8: Beispiele für die Aufgabensichtbarkeit bei Ist- und Sollstart.....	132
Tabelle 5-9: Datenstruktur der TPM-Auftragstabelle.....	133
Tabelle A-1: Übersicht der Verfahrensschritte der TPM-Säulen.....	150
Tabelle A-2: fünfstufige autonome Instandhaltung in der VW AG	153
Tabelle A-3: Mögliche Inhalte einer TPM-Tafel.....	154

Abkürzungsverzeichnis

AFO:	Arbeitsfolge
ARIS:	Architektur Integrierter Informationssystem
CIM:	Computer Integrated Manufacturing
EAM:	Enterprise Asset Management
eEPK:	erweiterte ereignisgesteuert Prozesskette
EMU:	Ein-Minuten Unterweisung
IS:	Informationssystem
IT:	Informationstechnologie
OEE:	Overall Equipment Effectiveness
PPS:	Produktionsplanung- und steuerung
TPM:	Total Productive Maintenance
WO:	Workorder

1 Einleitung

In Zusammenarbeit mit der Volkswagen AG, insbesondere mit der Abteilung IT-Instandhaltung K-SIPB/71 Wolfsburg und der Business Unit Braunschweig, wird an der Digitalisierung und Integration von TPM-Prozessen in bestehende Asset Management Standardsoftware geforscht. Diese Arbeit zeigt einige dieser Untersuchungsergebnisse.

1.1 Hintergrund und Motivation

Das japanische Konzept „Total Productive Maintenance“ (TPM) wird im Volkswagen Konzern seit vielen Jahren eingesetzt und findet zunehmend Verbreitung. Ein Großteil der TPM-relevanten Informationen sowie die TPM-Maßnahmen selbst werden weitestgehend manuell über Papierlisten dokumentiert und erfasst. Der Umfang der sogenannten W.I.R.-Aufgaben (Wartung, Inspektion, Reinigung), die im Rahmen von TPM-Maßnahmen durch die Fertigungsmitarbeiter übernommen werden, ist jedoch weder einheitlich noch spiegelt er den tatsächlichen Umfang der autonomen Instandhaltung wieder.

Seit 2010 forciert die VW AG zudem den Einsatz standardisierter IT-Systeme für die Instandhaltungs- und Materialwirtschaftsbereiche. EAM-Systeme wie IBM MAXIMO oder die SAP Module PM und MM halten in immer mehr Werken Einzug.

Dem Wesen der autonomen Instandhaltung entsprechend, gibt es Überschneidungen zwischen Fertigung und Instandhaltung. Untersucht werden soll daher, inwieweit TPM-Maßnahmen der Fertigungsabteilungen durch die IT-Systeme der Instandhaltung erfasst werden können.

1.2 Problemstellung und Relevanz

Der bisherige Prozess sieht vor, dass Fertigungsmitarbeiter vorgegebene TPM-Aufgaben abarbeiten und in Papierform erfassen. Da keinerlei EDV-Anbindung existiert, müssen sämtliche Daten zur Auswertung von Hand in die IT-Systeme übertragen werden. Die Ergebnisse werden wiederum in Papierform bereitgestellt. Analysen, die beispielsweise für die Instandhaltungsabteilung relevant wären, werden dadurch erschwert beziehungsweise gar nicht erst durchgeführt. Zusätzlich gehen wichtige Informationen über W.I.R. bezogene Stillstandzeiten verloren, da sie nicht erfasst werden. Neben der mangelnden Auswertbarkeit ergeben sich aus den „Papierprozessen“ weitere Nachteile im Ablauf der Aufgabenbearbeitung:

- Eine Priorisierung der offenen Wartungsaufgaben findet nicht statt.
- Es gibt keine unmittelbaren Konsequenzen, wenn Aufgaben nicht erledigt werden.
- Die Zuständigkeiten für die einzelnen Aufgaben sind nicht ausreichend geregelt.
- Die Aufgabenbearbeitung wird nicht fälschungssicher dokumentiert, da die Mitarbeiter nur mit Kurzzeichen (Initialen) unterschreiben.

Für die Wirksamkeit der TPM-Maßnahmen ist es aber von Bedeutung, dass relevante Daten automatisch erfasst und vor allem ausgewertet werden können. Nur so können ausreichend Rückschlüsse gezogen werden, die zur kontinuierlichen Verbesserung der Anlagen beitragen können.

1.3 Nutzen und Vorteile durch die Arbeit

Allein aus der Dokumentation der TPM-basierten Vorgänge ergeben sich Vorteile für den Betrieb der Anlage. Dazu gehören Analysemöglichkeiten der auftretenden Defekte und Störungen sowie die Ermittlung und Dokumentation des Zeitaufwandes sowohl für die Maßnahmen selbst als auch für daraus resultierende Stillstandzeiten.

Durch eine TPM-Applikation können mehrere bestehende Dokumente und Listen zusammengefasst werden. Zusätzlich ergeben sich aus der zugrunde liegenden Systemlogik der Applikation weitere Möglichkeiten, um auf die autonome Instandhaltung einzuwirken. Dazu gehören beispielsweise:

- anlagen- und bereichsspezifische Anzeige von TPM-Aufgaben
- Priorisierung von offenen Aufgaben nach ihrer Fälligkeit
- Verknüpfung mit Zusatzinformationen über das entsprechende Bauteil, die anzuwendende Wartungsmethodik sowie benötigte Werkzeuge oder Hilfsmittel.

1.4 Vorgaben und Einschränkungen für die Arbeit

Als Pilot EAM-System wird IBM MAXIMO favorisiert. Anders als bei bisher realisierten MAXIMO Anwendungen soll die TPM-Funktionalität nicht von der Instandhaltungsabteilung, sondern von der Fertigungsabteilung bedient werden. Diese Tatsache zieht folgende spezielle Anforderungen nach sich:

- a) Die Applikationen müssen über vorhandene Touch-Screen-Terminals bedienbar sein.
- b) Aus lizentechnischen Gründen dürfen aus der Applikation heraus keine weiteren MAXIMO Anwendungen bedient werden.

Aus diesen Anforderungen ergibt sich, dass die TPM-Anwendungen außerhalb von MAXIMO auf der VW MAXWEB Plattform, in der bereits die MAXIMO Applikationen „Auftragsliste“ und „Materialsuche“ realisiert sind, betrieben werden muss. Die neu zu realisierende TPM-Applikation unterscheidet sich im Wesentlichen dadurch, dass sie nicht nur lesend, sondern auch schreibend auf den MAXIMO Datenbestand zugreifen muss.

Da die spätere Entwicklung eines Prototypen über einen externen Entwicklungspartner erfolgen soll, ist es wünschenswert, dass nach Möglichkeit bestehende Komponenten aus dem IBM Standard genutzt werden. Eigenentwicklungen sollten auf ein Minimum reduziert werden. Für den Softwareentwicklungsprozess ist eine Orientierung am ARIS Standard notwendig.

1.5 Ziel und Methodik

Ziel der Arbeit ist die Untersuchung, ob und inwieweit die autonome Instandhaltung durch IT-Unterstützung verbessert werden kann. Dazu soll der TPM-Prozess der Fertigung überarbeitet werden, Schwachstellen sollen beseitigt und mögliche Optimierungspotenziale aufgedeckt werden. Dabei gilt es, die in der Fertigungsabteilung gewonnenen Daten für die Instandhaltungssysteme nutzbar zu machen.

Um diese Ziele zu erreichen, müssen die W.I.R.-Aufgaben einem einheitlichen Umfang entsprechen. Dazu muss ein Ordnungsrahmen entwickelt werden, der die autonome Instandhaltung thematisiert. Neben dem Ordnungsrahmen soll ferner eine Fachkonzeption entwickelt werden, die die spätere Umsetzung in einem Prototypen ermöglicht. Der Prototyp selbst soll nicht Gegenstand der Untersuchung sein.

Bei der Vorgelegten Aufgabenstellung handelt es sich um ein praktisches Problem. Die anwendungsorientierte Wissenschaft zielt darauf ab, „Regeln, Modelle und Verfahren für praktisches Handeln zu entwickeln“ (Ulrich 1982, S. 1). Im Rahmen eines wissenschaftsgeleiteten Vorgehens wird die Anwendbarkeit von Modellen und Regeln untersucht, um eine nutzenschaffende Lösungen zu entwerfen. Die Problemlösung muss sich daher nicht an ihrer Allgemeingültigkeit oder Eleganz messen lassen, sondern an den Nutzenkriterien wie der Anwendbarkeit (ebd., S4).

1.6 Aufbau der Arbeit

Nachdem in diesem Kapitel bereits auf die Rahmenbedingungen dieser Arbeit eingegangen wurde, folgt ein Überblick über ihre theoretischen Grundlagen. Dazu werden die Instandhaltung und das TPM-Konzept, mit besonderem Augenmerk auf der autonomen Instandhaltung, betrachtet. Zusätzlich werden die Techniken näher beleuchtet, die während der Entwicklung der Arbeit zum Einsatz kamen. Diese sind der Ordnungsrahmen im Allgemeinen und das ARIS-Konzept im Speziellen, ferner werden die verwendeten Methoden der Ist-Erhebung und Ist-Analyse aufgeführt.

An die Grundlagen schließt sich die Untersuchung der Instandhaltung durch Fertigungsmitarbeiter in der VW AG an. In diesem Kapitel wird sowohl der allgemeine TPM-Einsatz als auch der konkrete Prozess der autonomen Instandhaltung in der Praxis vorgestellt.

Um ein einheitliches Verständnis des Umfangs der autonomen Instandhaltung durch Fertigungsmitarbeiter zu schaffen und letztlich die Ziele dieser Arbeit zu erreichen, wird in Kapitel 4 ein Ordnungsrahmen als Hilfsmittel eingeführt, der die autonome Instandhaltung thematisiert.

Im Anschluss erfolgt ein Lösungsansatz auf Basis einer Fachkonzeption für eine TPM-Funktionalität, die zur späteren Entwicklung einer externen TPM-Anwendung herangezogen werden kann. Unter anderem wird gezeigt, welche Änderungen am vorhandenen EAM-System MAXIMO nötig sind, um eine solche IT-Lösung zu entwickeln, und welcher Funktionsumfang durch die Applikation bereitgestellt werden muss.

Einleitung

Den Abschluss bildet das sechste Kapitel. Neben der Zusammenfassung der Ergebnisse findet sich dort auch ein Ausblick auf mögliche Untersuchungsgegenstände, die durch diese Arbeit angestoßen worden sind.

2 Theoretische Grundlagen

2.1 Instandhaltung

Im folgenden Abschnitt werden einige theoretische Aspekte der Instandhaltung betrachtet. Dabei handelt es sich jedoch nur um einen kleinen Ausschnitt der Instandhaltungstheorie, der für das Verständnis der verwendeten Begrifflichkeiten dieser Arbeit notwendig ist.

2.1.1 Abnutzungsvorrat

Bei Erst-Inbetriebnahme einer Anlage steht eine gewisse Menge möglicher Funktionserfüllung zur Verfügung, der sogenannte Abnutzungsvorrat. Es handelt sich dabei um das produktiv nutzbare Potenzial einer Anlage. Durch technische Abnutzung wird dieser Vorrat kontinuierlich abgebaut und die Wahrscheinlichkeit eines Ausfalls nimmt zu. Die Instandhaltungsabteilung kann dann, durch geeignete Maßnahmen, den Abnutzungsvorrat wiederherstellen (vgl. DIN 31051, S. 8; Alcalde Rasch 2000, S. 15). Die Bewertung des Abnutzungsvorrates erfolgt über Zustandsvergleiche, bei denen der Sollzustand mit dem Ist-Zustand verglichen wird. Über die Abweichung dieser Zustände kann die Restbetriebsdauer beurteilt werden. Ist dieser Restnutzungsvorrat aufgebraucht kommt es zu einem Ausfall. Die Abbildung 2-1 zeigt schematisch den Verlauf des Abnutzungsvorrates über die Betriebsdauer einer Anlage.

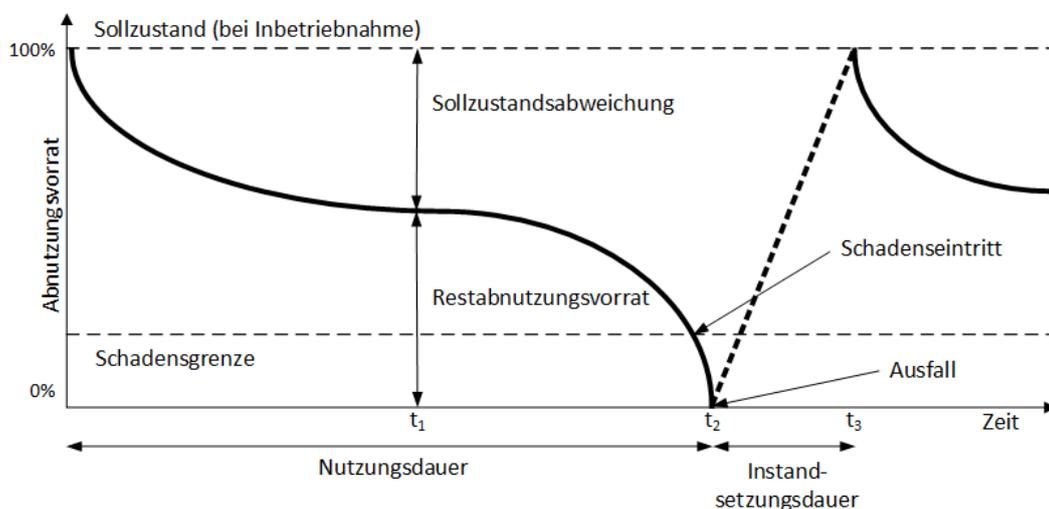


Abbildung 2-1: Schematischer Verlauf des Abnutzungsvorrates
(eigene Darstellung in Anlehnung an Jacobi 1992, S. 18)

Die Grafik zeigt die Ansatzpunkte, bei denen die Instandhaltungsabteilung eingreift, um auf den Abnutzungsvorrat Einfluss zu nehmen. In Punkt t_1 wird der Ist-Zustand erfasst, aus dem sich sowohl die Sollzustandsabweichung als auch der verbleibende Restnutzungsvorrat ableiten. In Zeitpunkt t_2 ist der Abnutzungsvorrat erschöpft, der Ausfall tritt ein. Spätestens zu diesem Zeitpunkt muss eine Instandhaltungsmaßnahme zur Wiederherstellung des Abnutzungsvorrates

eingeleitet werden. Nach erfolgter Instandhaltung steht in Punkt t_3 wieder der volle Abnutzungsvorrat zur Verfügung.

2.1.2 Schaden, Störung, Ausfall

Instandhaltungsmaßnahmen werden zum einen aufgrund von Planungsausführungen (z. B. geplante Wartungsmaßnahmen), zum anderen durch technische Stör-, Ausfall- oder Schadensmeldungen angestoßen. Ausgangspunkt für die weiteren Betrachtungen ist die Definition von Funktionen und deren Beeinträchtigungen. Es werden hauptsächlich drei Funktionskategorien unterschieden (vgl. Schenk 2010, S. 31f):

- Primäre Funktionen (Hauptfunktion der Anlage, z. B. Schweißen)
- Sekundäre Funktionen (Einrichtungen der Betriebssicherheit, z. B. Spritzschutz)
- Überflüssige Funktionen (für erwünschte Funktionserfüllung irrelevant¹)

Ein Schaden liegt vor, wenn der Zustand einer Betrachtungseinheit einen festgelegten Grenzwert des Abnutzungsvorrates erreicht und eine unzulässige Beeinträchtigung der Funktionsfähigkeit zur Folge hat (vgl. Jacobi 1992, S. 27).

Beeinträchtigt der Schaden eine der drei aufgelisteten Funktionen, handelt es sich entweder um eine Störung oder um einen Ausfall. Von einer Störung spricht man, wenn eine unbeabsichtigte Unterbrechung oder Beeinträchtigung der Funktionserfüllung vorliegt. Ein Ausfall hingegen ist die unbeabsichtigte Unterbrechung der Funktionsfähigkeit (vgl. Jacobi 1992, S. 28).

Schäden können durch eine Vielzahl von Gründen ausgelöst werden. Im Allgemeinen lassen sich zwei Veränderungen der Funktionserfüllung unterscheiden. Driftende Ausfälle² kündigen sich durch kontinuierliche Verschlechterung technischer Parameter an. Spontanausfälle³ treten hingegen ohne vorher erkennbare Parameterveränderungen ein (vgl. Alcalde Rasch 2000, S. 12f).

¹ ca. 5-20 % der Teile; diese verursachen aber trotzdem Instandhaltungskosten (vgl. Moubray, J. in Schenk 2010, S. 33)

² Mit zunehmendem Alter einer Anlage schreitet beispielweise der technische Verschleiß voran.

³ Diese Ausfälle können beispielsweise durch Bedienfehler oder Überbeanspruchung ausgelöst werden.

2.1.3 Instandhaltungsdefinition

Die DIN 31051:2012-09 legt die Grundlagen der Instandhaltung fest und gibt einen Überblick über die Tätigkeiten, die zum Instandhaltungsbegriff zusammengefasst werden können. Nach dieser Norm wird die Instandhaltung wie folgt definiert:

„Kombination aller technischen und administrativen Maßnahmen sowie Maßnahmen des Managements während des Lebenszyklus einer Einheit, die dem Erhalt oder der Wiederherstellung ihres funktionsfähigen Zustands dient, sodass sie die geforderte Funktion erfüllen kann.“ (DIN 31051, S. 4)

Die Norm gliedert die Instandhaltung in die folgenden vier Grundmaßnahmen:

- **Wartung:** „Maßnahmen zur Verzögerung des Abbaus des vorhandenen Abnutzungsvorrats.“ (DIN 31051, S. 5)
- **Inspektion:** „Maßnahmen zur Feststellung und Beurteilung des Istzustandes einer Einheit einschließlich der Bestimmung der Ursachen der Abnutzung und dem Ableiten der notwendigen Konsequenzen für eine künftige Nutzung.“ (DIN 31051, S. 5)
- **Instandsetzung:** „Physische Maßnahme, die ausgeführt wird, um die Funktion einer fehlerhaften Einheit wiederherzustellen.“ (DIN 31051, S. 6)
- **Verbesserung:** „Kombination aller technischen und administrativen Maßnahmen sowie Maßnahmen des Managements zur Steigerung der Zuverlässigkeit und/oder Instandhaltbarkeit und/oder Sicherheit einer Einheit, ohne ihre ursprüngliche Funktion zu ändern.“ (DIN 31051, S. 6)

2.1.4 Funktioneller und institutioneller Instandhaltungsbegriff

Die Fachliteratur unterscheidet eine funktionelle und eine institutionelle Begriffsdefinition für die Instandhaltung. Die hier vorgestellte Instandhaltungsnorm DIN 31051:2012-09 entspricht einer funktionellen Begriffsdefinition, da der Aufgabenkomplex, also die im Rahmen von Instandhaltungstätigkeiten zu leistenden Aufgaben, im Vordergrund steht.

Neben der Abgrenzung über die Funktion findet sich in der Literatur auch eine institutionelle Begriffsdefinition. Bei dieser Herangehensweise steht der organisatorische Bereich im Unternehmen, der Instandhaltungstätigkeiten ausführt, im Vordergrund. In diesem Zusammenhang werden sowohl die internen Strukturen der Organisation als auch deren hierarchische Positionierung im Unternehmen betrachtet (vgl. Alcalde Rasch 2000, S. 26).

Obwohl beide Abgrenzungen ihre Daseinsberechtigung haben, ist der funktionale Begriff für die weiteren Betrachtungen zweckmäßiger. Daher wird der institutionelle Begriff im weiteren Verlauf nicht näher betrachtet.

2.1.5 Arbeitsgegenstand der Instandhaltung

Das Hauptanliegen der Instandhaltung besteht darin, den Wert der zu betreuenden Instandhaltungsobjekte zu erhalten und deren gebrauchsfähigen Zustand sicherzustellen. Als primäres Arbeitsziel versucht die Instandhaltung, Verschleiß-, Abnutzungs- und Zerstörungsprozesse nach Möglichkeit zu verzögern, um so eine möglichst störungsfreie Nutzung zu erzielen. Zusätzlich schafft sie Abnutzungsvorrat, vermeidet technisch bedingte Produktionsunterbrechungen und sichert die für das Produktionsziel notwendige Verfügbarkeit unter der Bedingung, die Kosten möglichst gering zu halten (vgl. Strunz 2012, S. 2ff).

Die Instandhaltungsmaßnahmen haben dabei einen unterschiedlichen Einfluss auf den Abnutzungsvorrat (vgl. Alcalde Rasch 2000, S. 17ff):

- Die Inspektion dient der Erfassung und Bewertung des Abnutzungsvorrates.
- Die Wartung soll den Abbau des Abnutzungsvorrates hemmen.
- Die Instandsetzung dient dem Wiederaufbau von verbrauchtem Abnutzungsvorrat.

Die Aufgabe der Instandhaltungsabteilung ist es also, den Abnutzungsvorrat einer Anlage zu beobachten und mit geeigneten Maßnahmen aufzuhalten bzw. wiederherzustellen. Der wesentliche Nutzen besteht daher in der Erhaltung und Schaffung von Abnutzungsvorrat (vgl. Warnecke 1992, S. 12).

2.1.6 Betriebs- und volkswirtschaftliche Bedeutung der Instandhaltung

Die Instandhaltung gewinnt zunehmend an Bedeutung und setzt sich damit „an die Spitze der umsatzstarken Industriezweige in Deutschland“ (Strunz 2012, S. 7). Allein die deutsche Volkswirtschaft wendet mehrstellige Milliardensummen für die Instandhaltung auf. Zwar sind dedizierte Bewertungen der einzelnen Bestandteile der Instandhaltungsaufwendungen kaum möglich, Schätzungen gehen aber von jährlichen Aufwendungen in Höhe von 380 Mrd. Euro aus (vgl. ebd.). Betrachtet man die Bedeutung der Instandhaltung aus betriebswirtschaftlicher Sicht, wird deutlich, dass sich die Potenziale stark am Unternehmenserfolg orientieren. Untersuchungen gehen davon aus, dass durchschnittlich etwa neun Prozent der gesamten Fertigungskosten der Instandhaltung zuzuschreiben sind (vgl. Pawellek 2013, S. 1).

Die innerbetriebliche Instandhaltung ist nicht nur für die Funktionsfähigkeit der Produktionsanlagen, sondern auch für das gesamte Sachanlagevermögen der Unternehmung verantwortlich. Sie ist daher weniger eine Hilfsfunktion, sondern vielmehr eine notwendige Erhaltungs- und Produktionsfunktion des gesamten Sachanlagevermögens (vgl. Strunz 2012, S. 14).

2.1.7 Entwicklungen und Trends in der Instandhaltung

Bis zu den 1950er Jahren spielte die Instandhaltung nur eine untergeordnete Rolle, sie wurde aber als „notwendiges Übel“ akzeptiert. Beginnend bei einer reinen ausfallorientierten Instandhaltung entwickelte sich die Instandhaltung zunehmend weiter. Vorbeugende Instandhaltungsprozesse hielten Einzug und immer mehr routinemäßige Instandhaltungsaufgaben wurden an die Fertigungsmitarbeiter übertragen. Schließlich entwickelte sich Ende der 1960er Jahre in Japan die „umfassende produktive Instandhaltung“ (Total Productive Maintenance). Ab den 1980er Jahren fanden diese Konzepte auch in den anderen Industriestaaten Beachtung (vgl. Pawellek 2013, S. 2ff)⁴.

Parallel dazu hielten moderne Techniken zur Messdatenerfassung aus den Anlagen Einzug in die Unternehmen. Zu Beginn der 1970er Jahre machten diese Entwicklungen die Umsetzung von Konzepten für die zustandsabhängige Instandhaltung möglich. Gegenwärtig sind die zunehmende Spezialisierung der Instandhaltung sowie zyklische In- und Outsourcing-Aktivitäten zu verzeichnen.

Die Instandhaltung wandelt sich derzeit von einem reinen Kostenverursacher hin zu einem Unternehmensteil, der aktiv an der Wertschöpfung teilnimmt. Im Vordergrund steht dabei die Integration von Informations- und Kommunikationstechnologien in die Produktion. Leistungsfähige Zustandsüberwachung und Betriebsdatenerfassung liefern permanent Informationen über die Betriebsparameter. Diese lassen sich durch mathematische Verfahren (Operations Research) oder durch den Einsatz von Techniken aus dem Bereich der künstlichen Intelligenz (Neuronale Netze) auswerten. Methoden des Wissensmanagements bereiten diese Daten auf und führen dazu, dass sich das Betriebs- und Ausfallverhalten detailliert beschreiben lassen. Dadurch stehen konkrete Informationen als Planungsgrundlage für Entscheidungen des Anlagenmanagements in Echtzeit zur Verfügung (vgl. Schenk 2010, S. 3ff).

2.2 Total Productive Maintenance

Im folgende Abschnitt wird das japanische Instandhaltungskonzept „Total Productive Maintenance“ (TPM) vorgestellt. Neben der Herkunft werden auch verschiedene Auslegungen des Konzepts betrachtet. Zusätzlich werden die sechs großen Verluste sowie die Kennzahl „OEE“ eingeführt. Abschließend werden alle relevanten Elemente des Konzeptes kurz beschrieben.

2.2.1 Ein geschichtlicher Überblick

Der Ursprung des TPM-Konzepts liegt in den 1950er Jahren, als die japanische Industrie die Vorteile der von William Edwards Demming entwickelten Methoden zur Qualitätsverbesserung erkannte und konsequent weiterentwickelte (vgl. Al-Radhi 1997, S. 113). Bis in die 50er Jahre wurde in Japan hauptsächlich die ausfallbedingte Instandhaltung praktiziert. Diese Methode

⁴ Ein detaillierterer zeitlicher Ablauf der Instandhaltungsevolution findet sich in Kapitel 2.2.1.

zeichnete sich dadurch aus, dass Instandhaltungsmaßnahmen erst bei vorliegenden Störungen durchgeführt wurden. Die Japaner übernahmen Demmings Methoden und setzten ab 1951 die vorbeugende Instandhaltung (Preventive Maintenance) ein. In den folgenden Jahren wurde auf Grundlage von Forschungsergebnissen die verbessernde Instandhaltung (Corrective Maintenance) entwickelt, deren Ziel die Steigerung der Zuverlässigkeit und Leistungsfähigkeit der Anlagen ist. Darauf aufbauend entstand die Instandhaltungsprävention (Maintenance Prevention), welche zu leicht bedienbaren und instand zu haltenden Produktionsanlagen führte (vgl. Al-Radhi 1997, S. 108).

Die Firma Nippondenso Corporation Ltd. führte 1961 alle drei Konzepte zur sogenannten produktiven Instandhaltung (Productive Maintenance) zusammen. Die Verantwortung für die Instandhaltung wurde jedoch der Instandhaltungsabteilung zugeschrieben. Diese konnte im Zuge der wachsenden Anlagenautomatisierung den Aufgaben jedoch nicht mehr gerecht werden und die Anlagen nicht ausreichend instand halten. 1969 entschied man sich daher dazu, routinemäßige Instandhaltungsmaßnahmen auf das Produktionspersonal zu übertragen. Dies stellt zugleich die Grundlage für die umfassende produktive Instandhaltung (Total Productive Maintenance) dar (vgl. Al-Radhi 1997, S. 109f).

1971 erhielt Nippondenso für die erfolgreiche Implementierung des TPM-Konzepts den „1971 Distinguished Plant Prize“ vom „Japan Institute of Plant Engineers“ und wurde dadurch in ganz Japan bekannt (ebd.).

In den folgenden Jahren wurde das TPM-Konzept weiter ausgearbeitet und fand auch außerhalb Japans Anhänger. 1991 gewann Volvo Cars Europe Industry als eines der ersten nicht-japanischen Unternehmen den „PM Excellent Plant Award“ für eine erfolgreiche TPM-Einführung. 1996 erhielt schließlich die Löhr & Bromkamp GmbH als erstes deutsches Unternehmen den TPM-Preis (vgl. Al-Radhi 1997, S. 111).

Die Abbildung 2-2 zeigt die Evolution der Instandhaltungsstrategien und die Veränderung der Ansätze von rein reaktiven Maßnahmen, wie bei der ausfallbedingten Instandhaltung, bis hin zu präventiven Ansätzen wie TPM.

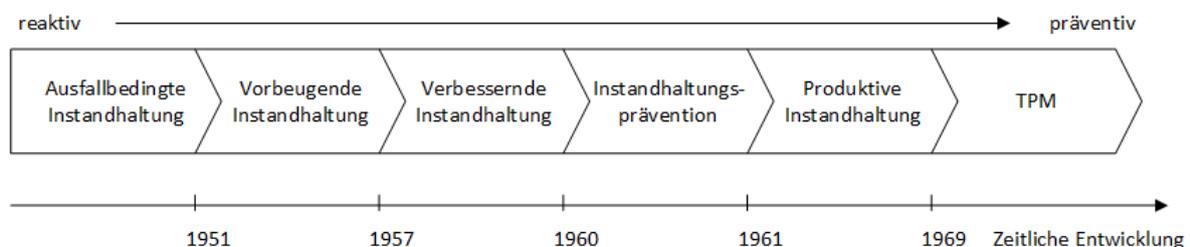


Abbildung 2-2: Evolution der Instandhaltung
(eigene Darstellung in Anlehnung an Al-Radhi 1997, S. 112)

2.2.2 Überblick der TPM-Ansätze

Seit der Einführung des Begriffs Total Productive Maintenance sind verschiedenste Konzeptvarianten entwickelt und beschrieben worden. Obwohl die meisten Ansätze in ihren grundlegenden Zielen und Richtlinien übereinstimmen, unterscheiden sie sich teils erheblich in Umfang und Komplexität. Ferner werden für TPM, je nach konzeptueller Ausrichtung, unterschiedliche Begriffe verwendet. Die Konzepte erstrecken sich von instandhaltungsbasierten Modellen (Total Productive Maintenance) bis hin zu umfassenden Managementansätzen (Total Productive Management), die zusätzlich zur klassischen Instandhaltung Aspekte wie Qualitätsmanagement, Administration sowie Arbeitssicherheit, Gesundheits- und Umweltschutz einbeziehen (vgl. Schuh und Lorenz 2009, S. 79).

Die meisten TPM-Konzepte basieren auf einer Säulenstruktur, deren Anzahl zwischen fünf bis acht Säulen variiert. Jede Säule beschreibt ein Teilziel der TPM-Implementierung und setzt sich wiederum aus mehreren Teilschritten zusammen (vgl. Al-Radhi 1997, S. 16). Eine standardisierte Vorgehensweise existiert jedoch nicht, da die einzelnen Maßnahmen an die unternehmensspezifischen Gegebenheiten angepasst werden sollten (vgl. Hartmann 2000, S. 18). Eine ausführlichere Betrachtung der Säulenstruktur findet sich in Abschnitt 2.2.5 in diesem Kapitel. Folgend werden die verschiedenen Ansätze von Seiichi Nakajima, Mehdi Al-Radhi und Jörg Heuer als Vertreter des Maintenance-Begriffes und die Konzepte von Edward Hartmann und vom Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) als Vertreter des Management-Begriffes vorgestellt.

Total Productive Maintenance

Seiichi Nakajima, der stellvertretende Vorsitzende des JIPM und „Vater des TPM“ (Hartmann, S. 16), definiert TPM sinngemäß⁵ als produktive Instandhaltung, die von allen Mitarbeitern in kleinen Gruppen durchgeführt wird (vgl. Nakajima 1988, S. 1). Sein ursprüngliches TPM-Konzept wurde erstmals 1971 bei der japanischen Firma Nippondenso Corporation Ltd. eingeführt (vgl. Al-Radhi 1997, S. 109). Die Steigerung der Effektivität und Lebensdauer der Anlagen steht bei diesem Ansatz im Vordergrund, da es sich „um einen vorwiegend instandhaltungsgeprägten Ansatz einer auf maximale Anlageneffektivität gerichteten Betriebsorganisation“ (Schuh und Lorenz 2009, S. 80) handelt. Nakajimas Modell basierte ursprünglich auf fünf Säulen. Die folgenden fünf Hauptelemente Nakajimas bilden die Grundlage für die meisten später entstandenen Konzepte (ebd.):

- Beseitigung von Verlustquellen,
- Erreichung einer autonomen Instandhaltung ,

⁵ „Total Productive Maintenance is productive maintenance carried out by all employees through small group activities.“ (Nakajima 1988, S. 1).

- Erreichung eines geplanten Instandhaltungsprogramms,
- Schulung von Instandhaltungs- und Fertigungspersonal,
- Instandhaltungsprävention.

Mehdi Al-Radhi und Jörg Heuer beschreiben einen sehr ähnlichen Ansatz. Sie definieren TPM als „ein Konzept, mit dem durch ganzheitliche Betrachtungsweise und Einbeziehung aller Mitarbeiter die Gesamtanlageneffektivität kontinuierlich verbessert wird“ (Al-Radhi und Heuer 1995, S. 13). Das ebenfalls aus fünf Säulen bestehende Modell ist 1994 erstmals bei der Volkswagen AG Salzgitter eingesetzt worden (vgl. Schuh und Lorenz 2009, S. 80).

Die folgenden fünf Säulen bilden das TPM-Gesamtprogramm, deren Bestandteile in Abschnitt 2.3 ausführlicher betrachtet werden (vgl. Al-Radhi 1997, S. 16):

- Beseitigung von Schwerpunktproblemen,
- Autonome Instandhaltung,
- Geplantes Instandhaltungsprogramm,
- Instandhaltungsprävention,
- Schulung und Training.

Total Productive Management

Einen anderen Ansatz erarbeitete Edward Hartmann in seinem explizit für nicht-japanische Unternehmen angedachten Konzept. Hartmann definiert TPM für westliche Unternehmen folgendermaßen: „Die totale produktive Instandhaltung verbessert ständig die Effektivität der Betriebsanlagen, unter aktiver Beteiligung der Mitarbeiter.“ (Hartmann 2000, S. 29). Mit dieser Definition legt er den Schwerpunkt auf die gesamte Effektivität der Betriebsanlagen und nicht allein auf die Instandhaltung. Anders als Nakajima bezieht er nur die aktiv beteiligten Mitarbeiter und nicht jeden einzelnen Angestellten ein (vgl. Hartmann 2000, S. 29).

Anstelle eines Säulenmodells gibt es bei Hartmann das sogenannte TPEM (Total Productive Equipment Management). Dieses Konzept besteht aus den drei Komponenten (vgl. Hartmann 2000, S. 49)

- TPM-AM (im Mittelpunkt steht die autonome Wartung),
- TPM-PM (im Mittelpunkt steht die vorbeugende und vorausschauende Instandhaltung),
- TPM-EM (im Mittelpunkt stehen das Management und die Verbesserung der Betriebsanlagen),

die wiederum durch die Phasen

- Verbesserung der vorhandenen Betriebsanlagen,
- Halten der verbesserten (oder neuen) Betriebsanlagen auf einem höheren Niveau von Leistung und Verfügbarkeit,
- Beschaffung von neuen Betriebsanlagen mit einem hohen Leistungs- und Verfügbarkeitsniveau

realisiert werden (vgl. Hartmann 2000, S. 31).

TPEM zielt, wie die Ansätze von Nakajima und Al-Radhi/Heuer, auf eine Effektivitätssteigerung der Anlagen unter Beteiligung der Mitarbeiter ab (Schuh und Lorenz 2009, S. 81).⁶

Da diese Arbeit in einem instandhaltungsorientierten Kontext entstanden ist, orientiert sich der für diese Arbeit relevante TPM-Begriff an den ursprünglichen Ansätzen von Nakajima beziehungsweise von Al-Radhi und Heuer.

Gemeinsame Ziele der Ansätze

Die hier vorgestellten Konzepte zeigen, dass sich TPM seit der ersten Umsetzung im Jahr 1971 beständig weiterentwickelt hat. Evolutionär hat es sich von einem reinen Instandhaltungsansatz, bei dem das Hauptaugenmerk auf der Verbesserung der Anlageneffektivität und -lebensdauer lag, hin zu einem ganzheitlichen Managementansatz entfaltet, der alle Unternehmensbereiche tangiert (vgl. Schuh und Lorenz 2009, S. 80).

Ungeachtet der Unterschiede der verschiedenen Konzepte zielen alle TPM-Ansätze auf die Vermeidung jeglicher Verluste ab, wodurch die Herstellung fehlerfreier Produkte und eine ausfall- und störungsfreie Produktion sichergestellt werden sollen. Als Ziel wird somit die Produktivitätssteigerung eines Unternehmens über eine kontinuierliche Verbesserung der Anlageneffektivität über den gesamten Lebenszyklus hinweg angestrebt (vgl. Schuh und Lorenz 2009, S. 80). Um dieses Ziel zu erreichen, gilt es, die größten Verlustquellen zu eliminieren, die einer hohen Anlageneffektivität im Wege stehen.

⁶ Das JIPM trieb von Beginn an die Entwicklung von TPM voran. NAKAJIMAS Ansatz wurde konsequent zu einem ganzheitlichen Managementkonzept weiterentwickelt, das über den reinen Instandhaltungsbezug hinausgeht [vgl. Schuh und Lorenz 2009, S. 82]. Zu den klassischen fünf Säulen wurden die zusätzlichen Säulen „Qualitätsinstandhaltung“ und „TPM in administrativen Abteilungen“ sowie die Säule „Sicherheit, Gesundheit und Umweltschutz“ ergänzt (vgl. ebd.).

2.2.3 Sechs große Verluste

„Die ideale, absolut effektive Maschine sollte ununterbrochen mit maximaler Geschwindigkeit laufen (können), ohne auch nur ein fehlerhaftes Produkt herzustellen.“ (vgl. May und Koch 2008, S. 245) Da dieses Ideal in der Praxis kaum erreicht werden kann, werden in der Literatur⁷ drei Verlustarten unterschieden, welche die Effektivität einer Anlage beeinflussen können. Diese Verluste lassen sich in die sogenannten „sechs großen Verluste“ weiter untergliedern.

Verfügbarkeitsverluste stellen einen Zeitraum dar, in der eine Anlage der Produktion zwar zur Verfügung steht, jedoch keine Produkte fertigt (vgl. May und Koch 2008, S. 246). In diese Kategorie gehören (vgl. Al-Radhi 1997, S. 12):

1. Anlagenausfälle und Störungen
2. Rüst- und Einrichtverluste

Leistungsverluste bedeuten, dass eine Anlage nicht mit der maximal möglichen Geschwindigkeit produziert (vgl. May und Koch 2008, S. 246). In diese Kategorie gehören (vgl. Al-Radhi 1997, S. 12):

3. Leerlauf und Kurzstillstände
4. verringerter Taktgeschwindigkeit

Qualitätsverluste entstehen durch Anlagen, deren gefertigte Produkte nicht den angestrebten Qualitätsanforderungen entsprechen. Dies umfasst sowohl Ausschuss als auch Produkte, die erst durch Nacharbeit den Qualitätsansprüchen genügen (vgl. May und Koch 2008, S. 246). In diese Kategorie gehören (vgl. Al-Radhi 1997, S. 12):

5. Anlaufschwierigkeiten
6. Qualitätsverluste

2.2.4 Overall Equipment Effectiveness

Der Begriff Overall Equipment Effectiveness (OEE) beschreibt die Gesamtanlageneffektivität, also den Zusammenhang zwischen Zeit und Anlageneffektivität (vgl. Schenk 2010, S. 81). Die Kennzahl wurde im Rahmen der TPM-Entwicklung von Nakajima und dem JIPM eingeführt. Sie dient in erster Linie als Messinstrument, um Anlagenverluste aufzudecken und zielgerichtet zu beseitigen. Die OEE gibt einen Überblick über die gesamten Effektivitätsverluste einer Anlage, indem sie deren Produktivität über Faktoren wie Zeit, Ausbringungsmenge und Qualität zusammenfasst (vgl. May und Koch 2008, S. 245).

Grundlage für die Ermittlung der Anlageneffektivität sind die Verfügbarkeits-, Leistungs- und

⁷ Al-Radhi 1997, S. 11ff; Chand und Shirvani 2000, S. 152; May und Koch 2008, S. 245ff.

Qualitätsverluste, wie sie im Abschnitt 2.2.3 vorgestellt wurden. Die Berechnung ergibt sich wie folgt (vgl. May und Koch 2008, S. 247).

$$OEE = \text{Verfügbarkeitsgrad} \times \text{Leistungsgrad} \times \text{Qualitätsgrad}$$

$$OEE = \frac{\text{tatsächliche Produktionszeit}}{\text{geplante Produktionszeit}} \times \frac{\text{tatsächliche Ausbringungsmenge}}{\text{mögliche Ausbringungsmenge}} \times \frac{\text{einwandfreie Produkte}}{\text{tatsächliche Ausbringungsmenge}}$$

Das Ergebnis der Berechnung liegt in einem Wertebereich zwischen 0 % und 100 % und gibt direkt Auskunft über die Produktivität bzw. die Wertschöpfung der Anlage. Die Quotienten zeigen unmittelbar, welcher Teil des Produktionsprozesses verbessert werden muss, um die maschinen- und prozessabhängigen Verluste zu minimieren (vgl. May und Koch 2008, S. 245).

Aus dem Aufbau der Berechnungsformel wird deutlich, wie die Anlageneffektivität direkt durch die Fertigungsmitarbeiter beeinflusst werden kann:

1. Die Reduzierung der Ausfallzeiten trägt dazu bei, dass die gesamt mögliche Produktionszeit ausgenutzt wird und somit der Verfügbarkeitsgrad gesteigert wird.
2. Die Ausnutzung der maximalen Produktionsgeschwindigkeit führt zu einer höheren Ausbringungsmenge und damit zu einem höheren Leistungsgrad.
3. Die Verringerung des Ausschusses führt zu einem höheren Qualitätsgrad, da der Anteil einwandfreier Produkte gesteigert wird.

Die Abbildung 2-3 zeigt die beschriebenen Zusammenhänge der drei Quotienten und verdeutlicht den Einfluss der dabei entstehenden Effektivitätsverluste auf den Produktionszeitraum und die Ausbringungsmenge.

Verfügbare Produktionszeit		
Verfügbarkeit	A Geplante Produktionszeit	Keine Produktion vorgesehen
	B Tatsächliche Produktionszeit	Verfügbarkeitsverluste
Leistung	C Mögliche Ausbringungsmenge	Leistungsverluste
	D Tatsächliche Ausbringungsmenge	
Qualität	E Tatsächliche Ausbringungsmenge	Effektivitätsverluste
	F Einwandfreie Produkte	
$OEE = \text{Verfügbarkeitsgrad} \times \text{Leistungsgrad} \times \text{Qualitätsgrad}$ $OEE = (B/A) \times (D/C) \times (F/E)$		

Abbildung 2-3: Zusammenhang der Effektivitätsverluste
(eigene Darstellung in Anlehnung an May und Koch 2008, S. 247.)

2.2.5 Das TPM-Säulenmodell

Es folgt eine kurze Betrachtung der einzelnen Bestandteile des TPM-Säulenmodells nach Al-Radhi, wie es auch in Abbildung 2-4 dargestellt ist. Die fünf beschriebenen Säulen sind gleichwertig und daher auch als gleichwertig anzusehen (vgl. Al-Radhi und Heuer 1995, S. 36f).

Im Anhang A.1 findet sich in Tabelle A-1 eine Zusammenfassung der Verfahrensschritte jeder Säule.

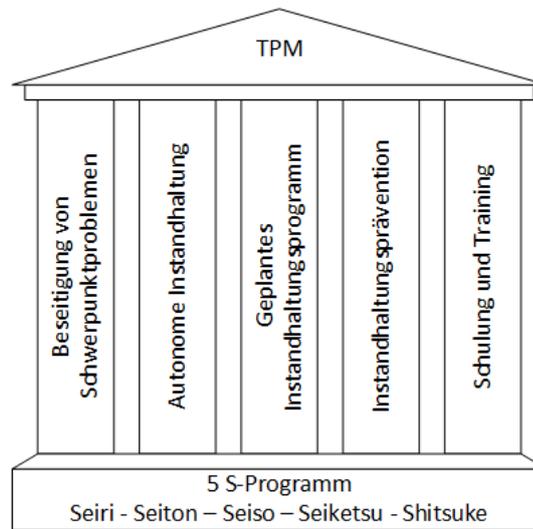


Abbildung 2-4: übliche Darstellung des TPM-Tempels (eigene Darstellung)

5 S-Programm

Eine wichtige Grundlage für die fünf Säulen bildet das sogenannte „5 S“-Programm. Die „5 S“ stehen für die folgenden japanischen Begriffe, die als Verhaltensgrundsätze für den täglichen Umgang am Arbeitsplatz gelten können (vgl. Al-Radhi und Heuer 1995, S. 36; Biedermann 1993, S. 24; Reichel 2009, S. 38):

- **Seiri – Sortieren:** Organisation des Arbeitsplatzes durch die Beseitigung überflüssiger Elemente; Ordnung schaffen und Standardisierung des Umlaufs von Material, Produktion und Dokumentation
- **Seiton – Systematisieren:** Ordnung des Arbeitsplatzes; alle benötigten Arbeitsmittel sind griffbereit zugänglich, in einwandfreiem Zustand und an einem festen Platz
- **Seiso – Sauberkeit des Arbeitsplatzes:** Arbeitsplatz, Maschinen und Werkzeuge sind sauber zu halten
- **Seiketsu – persönlicher Ordnungssinn:** Sauberkeit und Ordnung beginnen beim Mitarbeiter selbst
- **Shitsuke – Selbstdisziplin:** Achtung von Vorschriften, Einhalten von Vereinbarungen, Umsetzung von Standards

Die Methode der „5 S“ ist unkompliziert umzusetzen und liefert schnell sichtbare Erfolge für die Mitarbeiter (vgl. Reichel 2009, S. 39). Es muss jedoch beachtet werden, dass sich dieses Konzept nicht problemlos auf den westlichen Kulturkreis übertragen lässt (vgl. Schröder 2010, S. 151), da Ordnung und Disziplin in der japanischen Kultur einen anderen Stellenwert einnehmen (vgl. Westkämper 1999, S. 39ff). Da sich diese fünf Begriffe in erster Linie mit der inneren Einstellung der Mitarbeiter zu ihrem Umfeld befassen beziehungsweise die persönlichen Voraussetzungen der Arbeiter beschreiben, können sie gleichzeitig als menschliche Komponente im Säulen-Modell verstanden werden.

Beseitigung von Schwerpunktproblemen

Das Ziel dieser Säule ist die Verminderung von Effektivitätsverlusten von Produktionsanlagen in Schwerpunktbereichen. Die wenigsten Unternehmen haben die personellen, finanziellen oder zeitlichen Möglichkeiten, sämtliche Effektivitätsverluste aller Produktionsanlagen gleichzeitig zu beheben. Basierend auf dem Pareto-Prinzip lässt sich eine 80:20 Regel ableiten: zielgerichtete Aktionen bei 20 % der Ausfallursachen vermeiden 80 % der Stillstände. Ein Großteil der störungsbedingten Stillstände und die damit einhergehenden Verluste können also vermieden werden, wenn die Identifizierung weniger Schwerpunktprobleme gelingt. Al-Radhi schlägt dabei ein phasenweises Vorgehen vor, um die Engpässe in den Fertigungsbereichen systematisch zu beseitigen. Dies ist aber keineswegs als einmaliger Prozess zu verstehen, sondern vielmehr Teil der ständigen Verbesserung. Im Idealfall handelt es sich um eine kontinuierliche Maßnahme, die solange Anwendung findet, bis es keine Schwerpunktprobleme mehr gibt (vgl. Al-Radhi 1997, S. 19).

Autonome Instandhaltung

Das Ziel der autonomen Instandhaltung ist die Einbeziehung der Produktionsmitarbeiter in den Instandhaltungsprozess. Während komplizierte Instandhaltungsaufgaben, die spezielle Qualifikationen erfordern, Aufgabe der Instandhaltungsabteilung bleiben, können andere Instandhaltungsmaßnahmen eigenständig von Produktionsmitarbeitern durchgeführt werden. Aus dieser Aufgabenteilung ergeben sich Vorteile sowohl für die Fertigungsmitarbeiter als auch für die Instandhalter. Die stärkere Auseinandersetzung mit den Funktionsweisen der Anlagen fördert die Qualifikation der Produktionsmitarbeiter. Indem sie die Anlagen besser kennen lernen, entwickeln sie die Fähigkeit, Unregelmäßigkeiten wahrzunehmen und Störungen im Vorfeld besser zu erkennen. Dies entlastet wiederum die Instandhaltungsmitarbeiter, die sich dann intensiver um Schwachstellenanalysen und Verbesserungsaktivitäten kümmern können (vgl. Al-Radhi 1997, S. 34ff).

Im Rahmen des Abschnitts 2.3 wird die autonome Instandhaltung detaillierter thematisiert.

Geplantes Instandhaltungsprogramm

Diese Säule beschreibt die Durchführung geplanter Instandhaltungsmaßnahmen, um einen störungsfreien Produktionsprozess sicherzustellen. Ziel der geplanten Instandhaltungstätigkeiten ist die weitgehende Vermeidung ungeplanter Stillstände. Die klassische „Feuerwehreinstandhaltung“⁸ soll somit durch ein geplantes und systematisches Vorgehen ersetzt werden. Das geplante Instandhaltungsprogramm baut sukzessive auf der autonomen Instandhaltung auf. Die routinemäßigen Instandhaltungsarbeiten der Produktionsmitarbeiter werden um weiterführende Maßnahmen erweitert, die spezielles Wissen und Werkzeuge voraussetzen. Darunter fallen beispielsweise Wartungen mit speziellen Hilfsmitteln, aufwendige Inspektionen mit speziellen Messgeräten oder Maßnahmen, die besonders hohe Anforderungen in Bezug auf die Arbeitssicherheit haben. Ferner beinhalten geplante Instandhaltungsprogramme sowohl Aktivitäten, die den Instandhaltungsaufwand reduzieren als auch Aktivitäten, welche die Qualität und Produktivität der Produktionsprozesse steigern (vgl. Al-Radhi 1997, S. 35).

Instandhaltungsprävention

Bei dieser Säule steht die Prävention von Instandhaltungstätigkeiten im Vordergrund. Dazu werden die Kriterien der Zugänglichkeit und Bedienungsfreundlichkeit sowie der Instandhaltbarkeit einer Anlage bereits in der Planungs- und Beschaffungsphase betrachtet. Gelingt es, die möglichen Schwachstellen einer Anlage frühzeitig zu erkennen und zu vermeiden, führt das im Betrieb zu einer Reduzierung der Störungen. Die Produktionsmitarbeiter leisten durch ihr Fachwissen einen wichtigen Beitrag bei der Sammlung der Anforderungen an eine instandhaltungsgerechte und bedienungsfreundliche Konstruktion. Stimmen die Bedürfnisse der Mitarbeiter mit den Anlageneigenschaften hinsichtlich der Bedienung und Instandhaltung überein, kann eine hohe Effektivität erzielt werden. Eine weitere wichtige Aufgabe der Instandhaltungsprävention ist die frühzeitige Erkennung von Fehlern in der Anlaufphase einer neuen Produktionsanlage, dies führt bereits in dieser frühen Phase zu Kosteneinsparungen und Effektivitätssteigerungen (vgl. Al-Radhi 1997, S. 71f).

Schulung und Training

Für die Realisierung von TPM ist es wichtig, dass die Mitarbeiter wissen, wie TPM funktioniert. In Schulungen und Trainingsprogrammen, die zum einen der Qualifizierung in technischer Hinsicht und zum anderen zur Vermittlung des Konzeptes dienen, können die nötigen Grundlagen und Kenntnisse erworben werden. Die Akzeptanz von TPM ist dabei umso größer, je besser die Mitarbeiter dessen Methoden und Werkzeuge zur Umsetzung kennen. Daher ist es notwendig, ein Bewusstsein für TPM zu schaffen und die Grundlagen und Werkzeuge in Trainingsprogrammen zu vermitteln. In Schulungen werden die Mitarbeiter mit Blick auf die anfallenden War-

⁸ Ausfallbedingte Instandhaltung

tungsmaßnahmen der autonomen Instandhaltung oder die Tätigkeiten der geplanten Instandhaltungsprogramme geschult. Diese Qualifikation dient sowohl den Produktionsmitarbeitern, die einen Einblick in Rüstvorgänge, Werkzeugwechsel und Einrichtungsprozesse bekommen, als auch den Instandhaltern, welche die Fertigungsprozesse kennen lernen und damit verstehen können, warum bestimmte Schäden konzentriert oder wiederholt auftreten (vgl. Al-Radhi 1997, S. 96ff).

2.3 Autonome Instandhaltung im Rahmen von TPM

In den meisten Betrieben stehen die Produktion und die Instandhaltung organisatorisch nebeneinander, mit einer klaren Trennung der Aufgaben und Kompetenzen (vgl. Wiethoff 1995, S. 354). Im Störfall informiert ein Produktionsmitarbeiter den Anlagenmechaniker, der den Fehler entweder selbst behebt oder die Instandhaltungsabteilung informiert. Aus TPM-Sicht sollte eine solche strikte Trennung der beiden Bereiche jedoch vermieden werden, da sie die Lösung der Instandhaltungsprobleme behindert (vgl. Al-Radhi 1997, S. 34).

Mit der autonomen Instandhaltung wird ein Teil der Instandhaltungsmaßnahmen auf Produktionsmitarbeiter übertragen. Nach Al-Radhi werden dabei zwei grundsätzliche Ziele verfolgt: Zum einen sollen sich die Produktionsmitarbeiter mit der Funktionsweise der Anlagen auseinandersetzen und zum anderen sollen die notwendigen Instandhaltungsmaßnahmen wirkungsvoll verteilt werden. Diese Maßnahmen umfassen jedoch nur einfache Wartungsaufgaben, die dem Wissen und der Qualifikation der Mitarbeiter entsprechen. Reparaturen, die Spezialwissen erfordern, bleiben in der Verantwortung der Instandhaltungsabteilung (vgl. Al-Radhi 1997, S. 34; Bloß 1995, S. 27). Dieses Konzept lässt sich darauf zurückführen, dass eine strikte Trennung von Instandhaltung und Produktion, die den Prinzipien von Taylor folgt, häufig nicht das flexible Handeln zulässt, welches einem Störfall angemessen wäre. Die daraus resultierenden Zeitverluste durch Wartezeiten führen folglich zu weiteren Effizienzverlusten (vgl. Wiethoff 1995, S. 354f).

Weiterhin geht Al-Radhi davon aus, dass die Mitarbeiter durch die Übertragung von Verantwortung die Möglichkeit haben, die technischen Anlagen besser kennenzulernen und ein Gespür für die betreute Anlage zu entwickeln. Die Sensibilisierung gegenüber Anomalien führt dazu, dass Störungen frühzeitig erkannt beziehungsweise durch rechtzeitiges Eingreifen sogar vermieden werden können (vgl. Al-Radhi und Heuer 1995, S. 57; Al-Radhi 1997, S. 34f).

Die Abbildung 2-5 zeigt schematisch den gemeinsamen TPM-Aufgabenbereich der Fertigungs- und Instandhaltungsabteilungen.

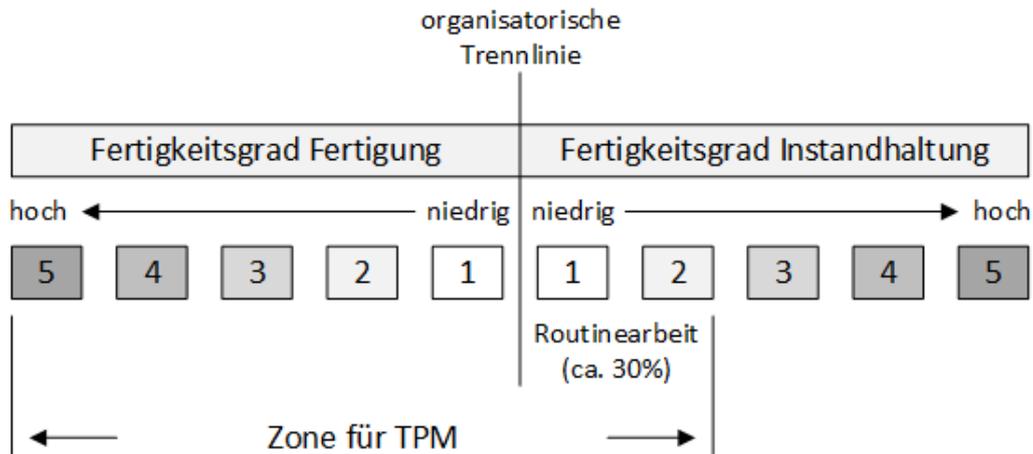


Abbildung 2-5: Transferdiagramm für TPM-Aufgaben, in Anlehnung an (Matyas 1999, S. 136)

Durch die Übernahme routinemäßiger Wartungsaufgaben erweitert sich das Aufgabenspektrum der Maschinenbediener, während die Instandhaltungsabteilung entlastet wird. Die Umverteilung führt dazu, dass sich die Instandhalter auf komplizierte Defekte und größere Reparaturen konzentrieren können. Die freigewordenen Ressourcen können ebenfalls dazu genutzt werden, gezielt Schwachstellen in den Anlagen zu analysieren oder Verbesserungsaktivitäten durchzuführen (vgl. Al-Radhi 1997, S. 35); (Bloß 1995, S. 100). Zusätzlich können die Instandhalter Aufgaben wie Qualifizierung und Weiterbildung von Produktionsmitarbeitern übernehmen und fachliche Empfehlungen für Instandhaltungs- und Ersatzteilstrategien erarbeiten (vgl. Bloß 1995, S. 112).

2.3.1 Aufgabenverteilung

Entsprechend dem TPM-Konzept beschäftigt sich diese Arbeit mit der Umsetzung der autonomen Instandhaltung durch Fertigungsmitarbeiter. Bei der Betrachtung aus Sicht der Fertigungsabteilung ergeben sich jedoch Auswirkungen auf die Qualität und Quantität der ausführbaren Instandhaltungstätigkeiten, da nicht die Instandhaltung, sondern die Produktion im Vordergrund steht. Quantität und Qualität der auszuführenden Instandhaltungstätigkeiten müssen sich daher diesem Primärziel unterordnen.

Quantität

Es gibt starke Unterschiede in der Auslastung der Mitarbeiter. Auf der einen Seite gibt es Mitarbeiter die fast ausschließlich stark repetitive Tätigkeiten ausführen, um eine gewisse Lücke in der Automatisierung zu überbrücken (vgl. Bloß 1995, S. 98). Auf der anderen Seite gibt es hoch qualifizierte Anlagenführer oder -bediener, die, wenn sie nur überwachende Aufgaben haben, Maßnahmen der autonomen Instandhaltung durchführen können (vgl. Bloß 1995, S. 99f).

Qualität

Die einzelnen Instandhaltungstätigkeiten unterscheiden sich stark und reichen von einfachen Reinigungsarbeiten, die auch von ungelerntem Personal ausgeführt werden können, bis hin zu komplizierten Tätigkeiten, die Fach- oder Spezialwissen voraussetzen (z. B. eine Ausbildung oder Unterweisung auf dem Gebiet der Elektrik) (vgl. Bloß 1995, S. 27).

Die Beispiele zeigen, dass sich das Aufgabenspektrum der einzelnen Mitarbeiter stark unterscheiden kann. Während einige Mitarbeiter keine Möglichkeit haben, sich im Rahmen der autonomen Instandhaltung einzubringen, können Anlagenbediener mit technischer Ausbildung einen erheblichen Teil der Instandhaltungsleistungen eigenständig und vielfach auch effizienter (als die Instandhalter) ausführen (vgl. Bloß 1995, S. 99).

Um die Vorteile der autonomen Instandhaltung und die Potenziale, die in den Anlagenbedienern existieren, zu nutzen, ist eine ganzheitliche Betrachtung des gesamten Produktionsbereiches notwendig. Das Ziel der autonomen Instandhaltung ist nicht, die Instandhaltungsabteilung überflüssig zu machen. Vielmehr handelt es sich um eine Neuverteilung der Aufgaben (vgl. Schröder 2010, S. 151).

Zu den Aufgaben der Anlagenbediener im Rahmen der autonomen Instandhaltung gehören

- die Erhaltung des Grundzustandes der Anlage durch Reinigung und Schmierung;
- die richtigen Einstellungen an den Anlagen;
- die Datenerfassung über Betriebsstörungen;
- die Durchführung periodischer Inspektionen;
- die Durchführung kleiner Reparaturen;

sowie die sofortige und genaue Berichterstattung über größere Betriebsstörungen an die Instandhaltung (vgl. Al-Radhi und Heuer 1995, S. 59).

Die eigene Kompetenz der Mitarbeiter und deren ungebundene zeitliche Kapazitäten bilden die Grenze für die Übernahme von Instandhaltungstätigkeiten. Wird eines von beiden überschritten, muss die Instandhaltungsabteilung (oder ein anderer qualifizierter Mitarbeiter) hinzugezogen werden. Eine Möglichkeit dazu bieten rote und blaue TPM-Mängelkarten.

2.3.2 Vor- und Nachteile der autonomen Instandhaltung

Für das Gelingen der autonomen Instandhaltung ist ein Umdenken der beteiligten Personen erforderlich, da den Maschinenbedienern im Zuge der autonomen Instandhaltung die Verantwortung sowohl für die eigene Produktionsanlage als auch für die Prozessqualität übertragen wird. Die Fertigungsmitarbeiter erlangen dadurch zwar mehr Selbstbestimmung, trotz der gewonnenen Freiheiten müssen sie ihre Entscheidungen jedoch verantwortungsbewusst fällen (vgl. Al-

Radhi 1997, S. 37). Die Einführung der autonomen Instandhaltung bringt sowohl Vor- als auch Nachteile mit sich. Nachfolgend wird eine Auswahl potenzieller Vor- und Nachteile aufgelistet (vgl. Jagodejkin 1997, S. 35), (Wiethoff 1995, S. 359):

Vorteile:

- Die Fertigungs- und Instandhaltungsaufgaben werden beim Anlagennutzer zusammengefasst.
- Es existieren klare Regelungen, wie weit die jeweiligen Kompetenzen der Anlagennutzer reichen und welche Maßnahmen in ihren Verantwortungsbereich fallen.
- Durch die regelmäßige Wartung können die Fertigungstoleranzen besser eingehalten werden. Das führt zu weniger Stillstandzeiten und weniger Ausschussprodukten.
- Im Störfall kann schneller reagiert werden, da die Wege- und Wartezeiten für die Instandhalter entfallen.
- Durch die höhere Anlagenverfügbarkeit steigt die Produktivität der Anlage.
- Es entsteht eine höhere Flexibilität im Prozessablauf, da z. B. Leerlaufzeiten in der Produktion oder während Rüstvorgängen effektiv für Instandhaltungsmaßnahmen genutzt werden können.
- Die Arbeitszufriedenheit der Anlagenbediener kann durch eine größere Aufgabenbreite gesteigert werden.

Nachteile:

- Die neuen Aufgabeninhalte können zur Überforderung einzelner Mitarbeiter führen und dadurch die Arbeitszufriedenheit senken.
- Es entsteht ein höherer Aufwand für Personal, Einrichtungen und Lager, da mehrere Akteure auf die Instandhaltungsressourcen zugreifen müssen.
- Zusätzlich entsteht ein hoher Qualifizierungsaufwand, um alle Fertigungsmitarbeiter auf den gleichen Kenntnisstand zu heben.
- Die höhere Qualifikation erfordert in der Regel eine höhere Entlohnung.
- Möglicherweise werden durch Produktionsmitarbeiter weniger Impulse zur technologischen Veränderung und Verbesserung gegeben als durch ausgebildete Instandhaltungsmitarbeiter.

2.3.3 Stufenmodell der autonomen Instandhaltung

Die autonome Instandhaltung besteht aus einem Maßnahmenbündel. Da die verschiedenen Maßnahmen nicht gleichzeitig umgesetzt werden können, erfolgt deren Einführung im Rahmen eines Stufenmodells, das den Mitarbeiter graduell an seine neuen, erweiterten Aufgaben heranhöhrt (vgl. Al-Radhi 1997, S. 37).

Al-Radhi schlägt folgende sieben Schritte vor (ebd.):

1. Grundreinigung mit erster Überprüfung
2. Maßnahmen gegen Verschmutzungsquellen und Verbesserung der Zugänglichkeit
3. Festlegung von vorläufigen Standards
4. Inspektion und Wartung der gesamten Produktionsanlage
5. Beginn der autonomen Instandhaltung
6. Organisation und Verbesserung des Arbeitsplatzes
7. Autonome Instandhaltung

Im folgenden Abschnitt werden diese sieben Schritte der autonomen Instandhaltung vorgestellt. Die ersten drei Schritte dienen dazu, die Anlage auf ein bestimmtes Grundniveau zu bringen. Dieser Grundzustand dient als Ausgangszustand für die folgenden Maßnahmen. Im vierten und fünften Schritt werden dann gründliche Inspektionen durchgeführt. Daraus werden Maßnahmen abgeleitet und Standards formuliert. In diesen Schritten sollen die Mitarbeiter ein Gespür für die Anlagen bekommen, um Abweichungen zu erkennen. Zusätzlich wird der Kenntnisstand in Bezug auf die Instandhaltungsmaßnahmen gefördert und vertieft. In den beiden letzten Schritten stehen Verbesserungsaktivitäten, sowohl die Anlage als auch das gesamte Umfeld betreffend, im Vordergrund (vgl. Al-Radhi 1997, S. 39ff).

Grundreinigung mit erster Überprüfung

Im ersten Schritt wird die gesamte Produktionsanlage gesäubert. Diese Grundreinigung dient dazu, produktionsbedingte Verunreinigungen wie beispielsweise Ölverschmutzungen, Späne, Schweißspritzer oder Staub zu beseitigen. Neben der bloßen Reinigung soll aber gleichzeitig nach dem Motto „Reinigung ist Inspektion“ (Al-Radhi 1997, S. 40) eine erste Überprüfung der Anlage erfolgen, da viele Mängel durch Schmutz verdeckt werden. Ein weiterer Aspekt der gründlichen Reinigung ist der Einblick der Mitarbeiter. Durch die intensive Reinigung erkennen die Mitarbeiter den technischen Zusammenhang vieler bisher nicht bekannter oder wahrgenommener Baugruppen und deren Funktion. Dies stellt gleichzeitig die Basis für das spätere Anlagenverständnis dar (vgl. Al-Radhi 1997, S. 40f).

Die bei der Reinigung aufgedeckten Mängel werden entweder selbstständig beseitigt oder durch verschiedenfarbige Markierung hervorgehoben. Rote und blaue TPM-Anhänger klassifizieren

und markieren dabei die aufgedeckten Fehler, die nicht sofort beseitigt werden können. Blaue Anhänger zeigen, dass ein Problem später durch Fertigungsmitarbeiter behoben werden kann, rote Anhänger finden bei Problemen Anwendung, die nur durch die Instandhaltungsabteilung behoben werden können. Zusätzlich wird eine Kopie der Anhänger zentral gelagert beziehungsweise an einer TPM-Tafel ausgehängt. So kann der Anlagenzustand schnell eingesehen werden und der Überblick über die Aktivitäten der autonomen Instandhaltung bleibt erhalten [ebd].

Maßnahmen gegen Verschmutzungsquellen und Verbesserung der Zugänglichkeit

Im zweiten Schritt liegt der Schwerpunkt auf dem Erkennen und Beseitigen von Verschmutzungsursachen sowie in der Verbesserung der Zugänglichkeit schwer erreichbarer Wartungs- und Reinigungsstellen. Eine konsequente Durchführung dieser Maßnahmen führt zu einer Vereinfachung der Reinigungs-, Inspektions- und Wartungstätigkeiten und somit auch zu einer Reduktion der Zeiten und Aufwände für diese Arbeiten (vgl. Al-Radhi 1997, S. 42f). Einige Maßnahmen widersprechen sich zum Teil; so erleichtert ein Spritzschutz zwar die Reinigung, erschwert aber gleichzeitig die Zugänglichkeit. Praktikable Lösungen sind in Absprache mit allen Beteiligten zu klären. Der Produktionsablauf und die Arbeitssicherheit dürfen von den Maßnahmen jedoch zu keinem Zeitpunkt negativ beeinflusst werden (ebd.).

Festlegung von vorläufigen Standards

Aufbauend auf den vorherigen beiden Schritten werden vorläufige Reinigungs-, Schmier- und Inspektionsnormen geschaffen. Ziel dabei ist es, die Bedeutung der Standards und das Arbeiten mit ihnen zu verstehen. Diese vorläufig geschaffenen Standards dienen später, im Schritt „Beginn der autonomen Instandhaltung“, als Basis für Verbesserungsaktivitäten (vgl. Al-Radhi 1997, S. 44).

Weiterhin ist darauf zu achten, dass die Mitarbeiter, die später auch mit diesen Standards arbeiten müssen, in die Entstehung eingebunden sind. Die eigenverantwortliche Erstellung durch die Fertigungsmitarbeiter erhöht zusätzlich die Praktikabilität der Normen und sorgt für deren Akzeptanz unter den Fertigungsmitarbeitern (ebd.).

Inspektion und Wartung der gesamten Produktionsanlage

Dieser Schritt dient der Aneignung von notwendigem Wissen, um Inspektionen und Wartung selbstständig durchführen zu können. Die Basis stellen von der Instandhaltung erarbeitete, vorläufige Wartungspläne dar, mit denen sich die Mitarbeiter in die neuen Aufgaben einarbeiten können (vgl. Al-Radhi 1997, S. 45ff).

Für diesen Schritt bietet sich ein phasenweises Vorgehen an, bei dem zuerst der Gruppenleiter durch die Instandhaltungsabteilung geschult wird. Der Leiter stellt im Anschluss selbstständig eigene Schulungsunterlagen zusammen. Anhand seines Wissens und mit Hilfe der Unterlagen kann er seine Gruppe ausbilden, die dann die erworbenen Kenntnisse in der Praxis umsetzt. Im

Anschluss werden visuelle Kontrollen zur einfachen Überwachung bestimmter Systemparameter eingeführt. Der Anlagenzustand kann so schnell überprüft werden, ohne dass der technische Hintergrund bekannt sein muss. Im „Vorbeigehen“ kann beispielsweise eine Druckskala abgelesen werden, bei welcher der entsprechende Normdruckbereich farbig markiert wurde. Solche Markierungen helfen zusätzlich, Zeitaufwände für die Inspektionen zu verringern (ebd.).

Beginn der autonomen Instandhaltung

Aufbauend auf den vorläufigen Standards aus dem dritten Schritt und den Erfahrungen der Mitarbeiter aus dem vierten Schritt werden endgültige Reinigungs-, Inspektions- und Wartungspläne erstellt. Folgende Angaben sollten in diesen Standards enthalten sein (vgl. Al-Radhi 1997, S. 48f):

- Durchführungsort
- angestrebter Endzustand
- Methoden und Abläufe
- notwendige Hilfsstoffe und Werkzeuge
- Zeitaufwand
- Wiederholungsintervalle
- Verantwortlichkeiten

Um zu vermeiden, dass Arbeiten doppelt ausgeführt werden, müssen die erarbeiteten Standards und die Verantwortlichkeiten mit der Instandhaltungsabteilung koordiniert werden (ebd.).

Organisation und Verbesserung des Arbeitsplatzes

Dieser Schritt zielt nicht auf die Produktionsanlagen, sondern auf das gesamte Arbeitsumfeld ab. Es gilt, die Prozessqualität, die Arbeitseffektivität und die Arbeitssicherheit zu verbessern. Dies wird dadurch erreicht, indem alle für den Prozess notwendigen Elemente wie Werkzeuge, Vorrichtungen oder Hilfsstoffe identifiziert werden. Dinge, die nicht unmittelbar für den Produktions- oder Wartungsprozess benötigt werden, werden vom Arbeitsplatz entfernt (vgl. Al-Radhi 1997, S. 49f). Daher bietet sich diese Phase für die Einführung des „5 S“-Programms, wie es in Abschnitt 2.2.5 vorgestellt wurde, an⁹.

Autonome Instandhaltung

Durch die sechs bereits beschriebenen Schritte werden die Grundlagen geschaffen, um selbstständig Routineinstandhaltungsmaßnahmen durchzuführen. Der Arbeitsumfang der Fertigungsmitarbeiter wird um die Verantwortung für die Steigerung der Arbeitseffektivität und der Prozessqualität erweitert. Produktionsmitarbeiter sollten nach den vorherigen Schritten in

⁹Nakajima schlägt lediglich die Umsetzung im Rahmen der Einführung der autonomen Instandhaltung vor (vgl. Nakajima 1988, S. 76).

der Lage sein, ihre Anlage autonom instandzuhalten (vgl. Al-Radhi 1997, S. 50f).

Der siebente Schritt stellte dabei keinen neuen Schritt dar, er ist vielmehr der Übergang von der autonomen Instandhaltung hin zum kontinuierlichen Verbesserungsprozess. Mit Hilfe von Audits können die einzelnen Schritte und Inspektionsvorgänge überwacht und in Zusammenarbeit mit der Instandhaltungsabteilung verfeinert werden. Die Fertigungsmitarbeiter steigern somit dauerhaft die Effektivität der Produktionsanlage und verringern die technischen Ausfälle (ebd.).

2.4 Ordnungsrahmen

Ordnungsrahmen sind sowohl für die Theorie als auch für die Praxis von Bedeutung. Hinsichtlich der Artefakte (Modelle, Methoden, Anwendungssysteme), die in der Domäne des Ordnungsrahmens relevant sind, dienen sie als Grundlage für den Aufbau und die Beurteilung inhaltlich strukturierter Überblicke. Sie etablieren sich damit zunehmend als Navigationshilfe und Einstiegsebene für komplexe Referenz- und Unternehmensmodelle (vgl. Becker 2008, S. 3).

2.4.1 Begriffsbestimmung

Der Begriff Ordnungsrahmen setzt sich aus den beiden Substantiven „Ordnung“ und „Rahmen“ zusammen und deutet schon auf die Aufgabe eines Ordnungsrahmens hin: eine stützende Struktur, um Elementen eine Ordnung zu geben.

In der englischsprachigen Literatur findet sich der analog verwendete Begriff „framework“, welcher eine Grundstruktur oder ein Rahmenwerk beschreibt (vgl. LEO GmbH 2015), häufiger als der Begriff Ordnungsrahmen in der deutschen Fachliteratur (vgl. Meise 2001, S. 61). Der deutsche Terminus „Ordnungsrahmen“ und die Übersetzung „Rahmenwerk“ werden im weiteren Verlauf synonym verwendet.

2.4.2 Ursprung

Die Idee, die immer größer und komplexer werdenden Informationssysteme durch logische Strukturen abzubilden, geht auf John A. Zachman zurück (vgl. Matthes 2011, S. 17; Goethals 2005, S. 3). Mitte der 1980er erkannte er den Bedarf an Strukturen, um sämtliche Komponenten in ein Informationssystem zu integrieren und dessen Schnittstellen zu definieren. Indem er Parallelen zur klassischen Architektur zog, erkannte er, dass die verschiedenen Beteiligten unterschiedliche Anforderungen an ihre benötigten Arbeitsmittel stellten. Angefangen bei den Vorstellungen des Bauherrn, über detaillierte Grundrisse des Architekten, bis hin zu Materiallisten für den Bauunternehmer, benötigt jeder Akteur andere Hilfsmittel, um am „System“ Haus mitwirken zu können (vgl. Zachman 1987, S. 276ff).

Abbildung 2-6 zeigt das ursprüngliche Information System Architecture Framework von Zachman.

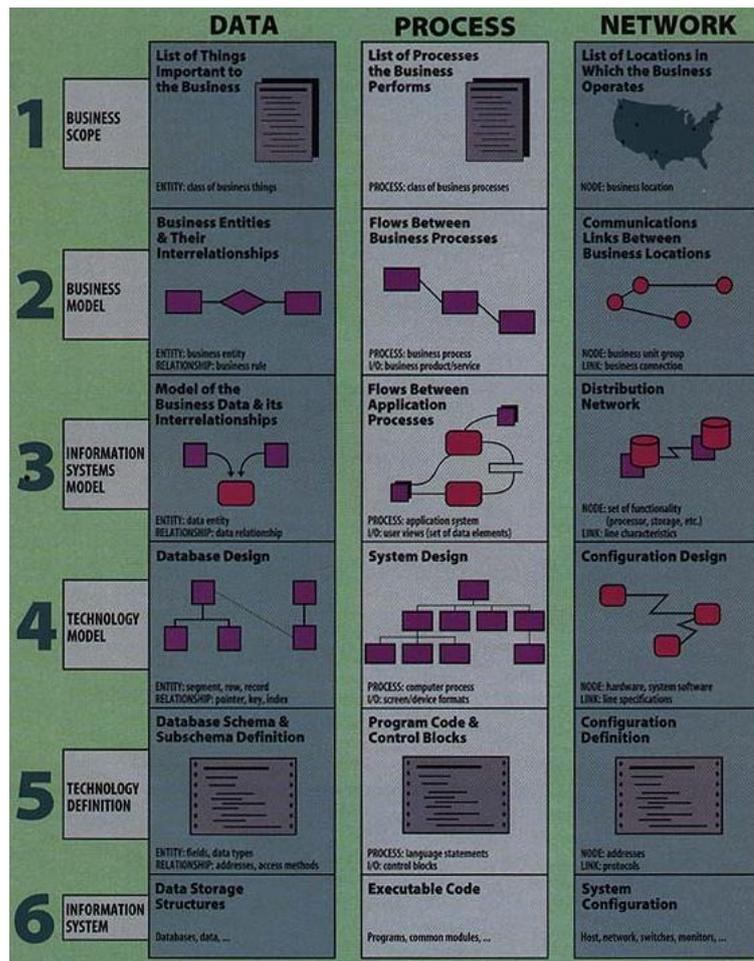


Abbildung 2-6: Original INFORMATION SYSTEM ARCHITECTURE FRAMEWORK nach ZACHMAN(Zachman 1987, S. 285)

Zachmans Ordnungsrahmen ist eine zweidimensionale Ontologie, deren erste Dimension, die Zeilen, die verschiedenen Akteure und ihre Perspektiven auf das System aufgreifen. Die zweite Dimension wird durch die Spalten repräsentiert, die einen funktionalen Blick auf das System zulassen. Die Spalten „Daten“, „Funktionen“ und „Netzwerk“ können dabei auch durch die einfachen Fragen „was“ (Daten), „wie“ (Funktionen) und „wer“ (Netzwerk) abstrahiert werden. Der Inhalt jeder Zelle ist eine von mehreren einzigartigen Entitäten, die auf vielfältige Weise kombiniert werden können, um unternehmensrelevante Informationen bereitzustellen (vgl. Sowa und Zachman 1992, S. 600ff).

Zachmans „Architektur“ stellt somit einen Ordnungsrahmen dar, der dabei hilft, die unterschiedlichen Inhalte zu erfassen und einzuordnen.

2.4.3 Definition

Versucht man den Begriff Ordnungsrahmen, respektive sein englischsprachiges Pendant *framework*, zu definieren, stößt man auf zahlreiche Definitionsansätze und Ansichten zum Umfang eines Ordnungsrahmens (vgl. Matthes 2011, S. 17).

Exemplarisch soll an dieser Stelle die Definition von Volker Meise vorgestellt werden, da diese beispielsweise durch Jörg Becker, Urvater des Handels-H, unterstützt wird [vgl. (Meise 2001, S. 1); (Jörg Becker, Volker Meise 2012, S. 113)].

Nach Meise kann ein Ordnungsrahmen wie folgt definiert werden:

„Ein Ordnungsrahmen gliedert als relevant deklarierte Elemente und Beziehungen eines Originals auf einer hohen Abstraktionsebene nach einer gewählten Strukturierungsweise in einer beliebigen Sprache. Der Zweck eines Ordnungsrahmens besteht darin, einen Überblick über das Original zu vermitteln und bei der Einordnung von Elementen und Beziehungen untergeordneter Detaillierungsebenen deren Bezüge zu anderen Elementen und Beziehungen des Ordnungsrahmens offen zu legen.“ (Meise 2001, S. 62).

Ordnungsrahmen werden stets bewusst konstruiert und sind somit nach Stachowiaks allgemeiner Modelltheorie (vgl. Stachowiak 1973, S. 131ff) Modelle, die eine „künstliche, willkürlich geschaffene Ordnung“ (Meise 2001, S. 61) darstellen.

Entsprechend diesem Modellcharakter lassen sich auch Stachowiaks Hauptmerkmale des Modellbegriffs auf Ordnungsrahmen anwenden (vgl. Stachowiak 1973, S. 131ff):

- **Abbildungsmerkmal:** Ordnungsrahmen sind abstrakte Abbildungen natürlicher oder künstlicher Originale.
- **Verkürzungsmerkmal:** Ordnungsrahmen erfassen nicht alle Attribute des Originals. Die dem Modellersteller relevant erscheinenden Merkmale werden hervorgehoben, die unwesentlich erscheinenden weggelassen.
- **Pragmatisches Merkmal:** Ordnungsrahmen erfüllen nur in gewissen Zeitintervallen für die Modellnutzer einen bestimmten Zweck, der dem Ziel der Modellerstellung unterliegt.

Die vorgestellte Definition eines Ordnungsrahmens nach Meise enthält vier die allgemeine Modelldefinition weiter einschränkende Elemente (vgl. Meise 2001, S. 62). Diese Kernelemente sollen an dieser Stelle näher erläutert werden:

1. *Gliederung nach einer gewählten Strukturierungsweise*

Ordnungsrahmen sind ein Hilfsmittel, um komplexe Informationen zu organisieren (vgl. Matthes 2011, S. 18f). Die Konstruktion stellt dabei die Grundlage für einen

strukturierten Überblick bereits bestehender (und zukünftig zu entwickelnder) Artefakte bereit (vgl. Becker 2008, S. 2). Die Strukturierungsweise wird dabei frei vom Modellersteller gewählt, sie ist in gewisser Weise willkürlich und kann sich von der Strukturierung der erfassten Elemente unterscheiden¹⁰ (vgl. Meise 2001, S. 63).

2. *Als relevant deklarierte Elemente und Beziehungen hoher Abstraktionsebene*

„Ordnungsrahmen stellen Modelle auf einem besonders hohen Abstraktionsniveau dar.“ (Becker 2008, S. 3). Sie repräsentieren dabei die relevanten Elemente¹¹ einer Domäne und zeigen schematisch deren Beziehungen untereinander auf (vgl. ebd.). Im Vordergrund steht dabei die Darstellung übergeordneter Zusammenhänge (vgl. Jörg Becker, Volker Meise 2012, S. 113). Entsprechend sollen nur die Elemente und Beziehungen einer hohen Abstraktionsebene wiedergegeben werden, die für die Intention des Ordnungsrahmens von Bedeutung sind. Soll beispielsweise eine Organisation modelliert werden, sind nur die obersten Hierarchieebenen als relevant einzubeziehen, deren Unterfunktionen bleiben unberücksichtigt (z. B. die Einzelfunktionen des Vertriebsbereiches). Wird jedoch ein Vertriebsinformationssystem im Ordnungsrahmen abgebildet, können diese Einzelfunktionen zur hohen Abstraktionsebene werden (vgl. Meise 2001, S. 62f). Die hohe Abstraktionsebene, die die Definition beschreibt, ist also stets relativ zur Modellintention zu betrachten.

3. *Verwendung beliebiger Sprache*

Anders als bei der Erstellung von Detailmodellen werden bei der Konstruktion von Ordnungsrahmen in der Regel keine Modellierungssprachen eingesetzt. Frei definierte Symbole können dabei helfen, inhaltliche Gesichtspunkte des Ordnungsrahmens zu verdeutlichen (vgl. Thomas et al. 2005, S. 81); (Meise 2001, S. 53).

Die Wahl zwischen dem Einsatz frei gewählter grafischer Symbole und einer bereits bestehenden oder abgewandelten (Modellierungs-)Sprache sollte sich dabei an der „Eignung zur Darstellung eines Überblicks über das Original“ (Meise 2001, S. 63) orientieren. Der Vorteil bei der Verwendung bereits bekannter Sprachen ist darin begründet, dass die Notation auch ohne Erläuterung sofort verstanden werden kann. Werden die Sprachelemente durch grafische Symbole oder elementare geometrische Strukturen repräsentiert, kann hingegen mehr auf die Bedingungen des Einzelfalls eingegangen werden (vgl. ebd.).

4. *Überblicksvermittlung und Ordnungseigenschaft*

Die Eigenschaft der überblickartigen Darstellung des Originals unterscheidet einen Ordnungsrahmen von einem beliebigen Modell und ist zugleich als sein Hauptzweck

¹⁰ Werden beispielsweise nur Funktionalbereiche modelliert, können diese trotzdem prozessorientiert angeordnet werden [vgl. Meise 2001, S. 63].

¹¹ Vgl. Stachowiak, Verkürzungsmerkmal

anzusehen (vgl. Meise 2001, S. 62). Sie dienen in erster Linie dazu, „hoch aggregierte Überblicke über wesentliche Funktionsbereiche einer Domäne“ [(Becker 2008, S. 2) darzustellen. Als übergeordnetes Modell stellt der Ordnungsrahmen seine Inhalte in einen Gesamtzusammenhang und ermöglicht eine Navigation durch seine Elemente (vgl. Jörg Becker, Volker Meise 2012, S. 113). Um diese Zusammenhänge vermitteln zu können, muss ein Ordnungsrahmen hinreichend abstrakt sein, da die Darstellung übergeordneter Zusammenhänge wichtiger ist als die detaillierte Wiedergabe zahlreicher Elemente oder Beziehungen.

Da sich der Ordnungsrahmen auf einer höheren Aggregationsebene als seine Elemente befindet, entsteht zwischen dem Ordnungsrahmen und den abgebildeten Artefakten eine Makro-Mikro-Beziehung (vgl. Thomas et al. 2005, S. 81). Der Ordnungsrahmen ermöglicht dadurch eine Zuordnung von Elementen tieferer Detaillierungsebenen zu den Elementen des Ordnungsrahmens. Dadurch wird auch ihre Positionierung im Gesamtzusammenhang deutlich (vgl. Meise 2001, S. 62).

Im vorangegangenen Abschnitt wurden bei der Analyse der Definition nach Meise bereits einige Aufgaben von Ordnungsrahmen betrachtet. Da diese nur zum Zwecke der Definition analysiert wurden, werden sie im folgenden Abschnitt noch einmal ausführlicher betrachtet.

2.4.4 Aufgaben

Je nach Intention des Erstellers erfüllt ein Ordnungsrahmen gewisse Funktionen. Diese Aufgaben sind je nach Ausrichtung zum Teil sehr projektspezifisch, da nur bestimmte Anwendungs- und Problembereiche adressiert werden. Die Einsatzzwecke reichen dabei von der integrierten Informationsverarbeitung in einem Produktionsbetrieb (Computer Integrated Manufacturing) bis hin zur Unterstützung militärischer Fähigkeiten (NATO Architecture Framework) (vgl. Matthes 2011, S. 20).

Nachfolgend sind einige allgemeingültige Aufgaben zusammengetragen:

1. Überblicksvermittlung und Ordnungseigenschaft

Der Hauptzweck eines Ordnungsrahmens ist die überblickartige Darstellung (vgl. Meise 2001, S. 62; Jörg Becker, Volker Meise 2012, S. 115). Der Ordnungsrahmen bietet dadurch eine ganzheitliche Sicht, die es ermöglicht, Zusammenhänge zu erkennen (vgl. Matthes 2011, S. 23). Dank dieser Funktionen werden Rahmenwerke häufig auch als Navigationshilfe in umfangreichen Referenz- und Unternehmensmodellen genutzt (vgl. Becker 2008, S. 3).

Die Struktur, also die Ordnung der Elemente selbst, wird zum einen vom Ersteller des Ordnungsrahmens und zum anderen durch die Grenzen und Schnittstellen vorgegeben (vgl. Meise 2001, S. 62f).

2. *Zusammenhänge erkennen*

Neben der Überblicksvermittlung zeigen Ordnungsrahmen vordergründig verschiedene Zusammenhänge auf (vgl. Jörg Becker, Volker Meise 2012, S. 113). Dazu gehören sowohl Abhängigkeiten und Redundanzen der Elemente untereinander, als auch Schnittstellen einzelner Bestandteile (vgl. Matthes 2011, S. 23). Zusätzlich hilft ein Ordnungsrahmen dabei, vorhandene Detailmodelle¹² in einen Gesamtzusammenhang zu stellen. So wird auch die Einordnung in den übergeordneten Gesamtaufbau, z. B. des Unternehmens, deutlich (vgl. Jörg Becker, Volker Meise 2012, S. 113).

3. *Komplexität beherrschen*

Die hohe Abstraktionsebene, auf der Ordnungsrahmen angesiedelt sind, und die Beschränkung auf als „relevant deklarierte Elemente und Beziehungen“ (Meise 2001, S. 62), die in der Definition aufgegriffen werden, weisen darauf hin, dass die Komplexität (des Originals) reduziert werden soll (vgl. Matthes 2011, S. 19). Darüber hinaus können beispielsweise verschiedene zielgruppenabhängige Sichtweisen und transparente, überschaubare Strukturen dazu beitragen, die vorhandene Komplexität zu beherrschen (vgl. Matthes 2011, S. 21).

4. *Standardisierung fördern*

Rahmenwerke tragen dazu bei, für alle Beteiligten eine einheitliche Grundlage zu schaffen. Die verwendeten Bestandteile, deren einheitliche Bezeichnungen und die aufgezeigten Beziehungen untereinander erhöhen das gemeinsame Verständnis aller Beteiligten (vgl. Jörg Becker, Volker Meise 2012, S. 115). Für alle Akteure verbindliche Ordnungsrahmen können somit helfen, eine gewisse inhaltliche¹³ und terminologische Standardisierung voranzutreiben (vgl. Matthes 2011, S. 22).

5. *Entwicklungspotenziale erkennen*

Nutzt man die einzelnen Funktionen eines Ordnungsrahmens, ergibt sich die Möglichkeit, Entwicklungspotenziale zu erkennen. So kann beispielsweise durch den überblickartigen Charakter überprüft werden, inwiefern vorhandene Anwendungssysteme die Bestandteile des Ordnungsrahmens abdecken. Mangelnde Abdeckung, also das Fehlen geeigneter Systeme oder Systembestandteile, kann so auf Entwicklungspotenziale hindeuten, während eine mehrfache Überdeckung einzelner Bestandteile auf Redundanzen, also Optimierungspotenzial, hinweist (vgl. Becker 2008, S. 4).

¹² in diesem Fall: Elemente des Ordnungsrahmens

¹³ im Sinne der verwendeten Technologien

2.4.5 Domänenspezifische Beispiele

Neben neutralen Rahmenwerken wie dem ARIS-Konzept (vgl. Kapitel 2.5) existieren auch domänenspezifische Ordnungsrahmen. Als Beispiel dafür sollen zwei prominente Vertreter, das Handels-H von Becker und das Y-CIM-Modell von Scheer, vorgestellt werden.

Das Handels-H-Modell

Das Handels-H-Modell, wie es in Abbildung 2-7 dargestellt wird, schlägt eine Architektur für Handelsinformationssysteme vor. Dieser sichten- und prozessbezogene Ordnungsrahmen dient der Darstellung der Systeme und Bestandteile, welche die wesentlichen Aufgaben des Handels abdecken. Mit diesem Rahmenwerk sollen aus Informationssicht Unterschiede und Gemeinsamkeiten unterschiedlicher Handelsformen aufgezeigt werden (vgl. Becker 1996, S. 2f).

Die Darstellung der durch die Überbrückungsfunktion des Lagers verbundenen Bereiche Beschaffung und Vertrieb in zwei parallelen Schenkeln weist zum einen auf die Strukturanalogie beider Bereiche hin, zum anderen verdeutlicht die Trennung aber auch die operative Unabhängigkeit zwischen Beschaffungs- und Verkaufsaktivitäten. Die prozessorientierte Darstellung von oben nach unten spiegelt den zeitlich aufeinanderfolgenden Ablauf der Originalprozesse wider (vgl. Jörg Becker, Volker Meise 2012, S. 115). Eingerahmt werden die Bestandteile durch die strategisch-taktischen Aufgaben der Leitung und die betriebswirtschaftlich-administrativen Funktionen (vgl. Becker 1996, S. 2).

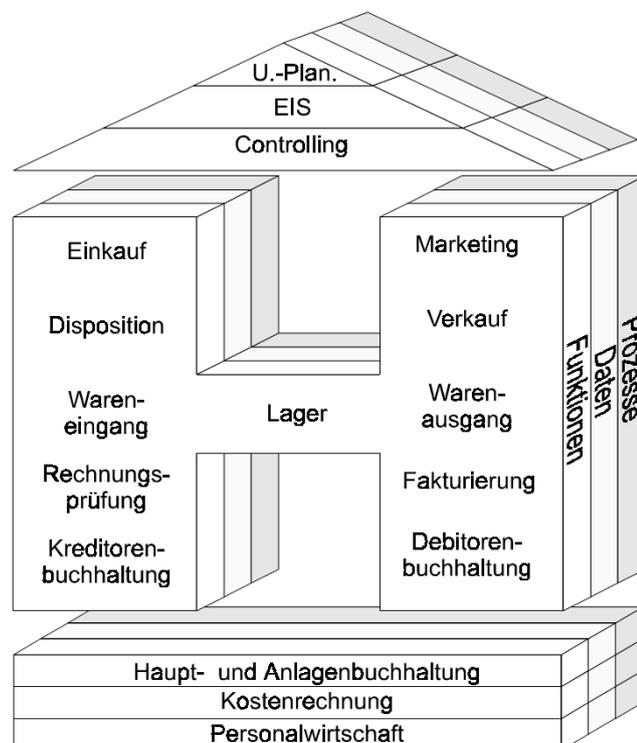


Abbildung 2-7: Architektur für Handelsinformationssysteme: das Handels-H (Becker 1996, S. 7)

Das Y-CIM-Modell

Das Y-CIM-Modell von Scheer ist ein Konzept, um die Zusammenhänge zwischen Produktentwicklungs- und Logistikprozess in Industriebetrieben zu beschreiben (Scheer 2002, S. 3). Die Abbildung 2-8 zeigt die um die Informations- und Koordinationssysteme erweiterte Fassung des Modells (vgl. Scheer 1997, S. 93).

Der linke Schenkel des Y beschreibt das betriebswirtschaftlich-dispositiv orientierte System zur Produktionsplanung und -steuerung (PPS). Es umfasst sämtliche Funktionen, die durch den Auftragsfluss gesteuert werden; beginnend bei der Kundenauftragsabwicklung über die Bedarfsplanung und Beschaffungslogistik bis hin zur Fertigungssteuerung und letztlich dem Versand. Im oberen Teil des rechten Astes des „Y“ finden sich die Prozesse der Produktentwicklung einschließlich der relevanten Dokumentation. Über anfallende Beschreibungsdaten wie Stücklisten und Arbeitspläne wird die Verbindung zum Logistikbereich hergestellt. Die computergestützten Ressourcen, die für die Leistungserstellung gebraucht werden, sind im unteren rechten Bereich des „Y“ angegeben. Im gesamten unteren Teil des Ordnungsrahmens laufen beide Stränge zusammen. Dies verdeutlicht den realweltlichen Zusammenhang zwischen PPS-System der Logistik und CAX-Systemen¹⁴ der Leistungsgestaltung: Die von der Produktionslogistik erstellten Fertigungsaufträge werden mit den Beschreibungsdaten der Produktionsentwicklung zusammengeführt und auf den Fertigungsanlagen ausgeführt (vgl. Scheer 1997, S. 91).

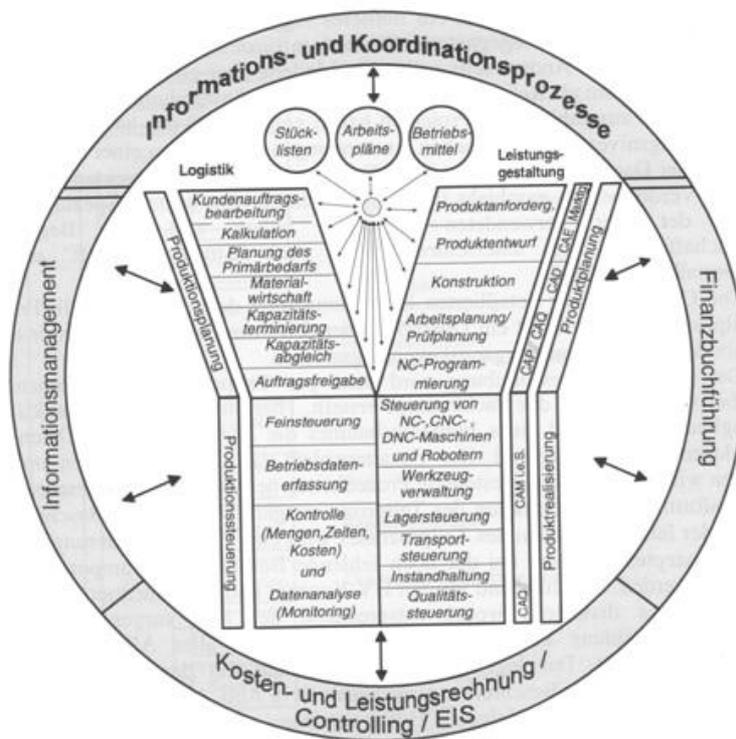


Abbildung 2-8: Erweiterte Fassung des Y-CIM-Modells (Scheer 1997, S. 93)

¹⁴ CAX umfasst die Systeme für CAD, CAE, CAM, CAP und CAQ

2.5 Architektur integrierter Informationssysteme

Das Konzept einer Architektur integrierter Informationssysteme (ARIS) wurde von August-Wilhelm Scheer erstmals 1991 im gleichnamigen Buch „Architektur integrierter Informationssysteme“¹⁵ vorgestellt. Die von ihm gegründete IDS Scheer GmbH übertrug das theoretische Konzept in das Softwareprodukt „ARIS Toolset“ und brachte es schließlich 1993 zur Marktreife. 2010 wurde die spätere IDS Scheer AG von der Software AG übernommen, die seitdem für die Weiterentwicklung und Vermarktung der ARIS-Produktfamilie als „ARIS Business Process Analysis Platform“¹⁶ verantwortlich ist (vgl. Matthes 2011, S. 72); (Seidlmeier 2015, S. 18).

Mittlerweile wird ARIS „als der wahrscheinlich bekannteste deutsche Ansatz zu IS-Architekturen“ (Matthes 2011, S. 72) angesehen. Das Hauptanwendungsgebiet liegt in Europa, mit Schwerpunkt auf dem deutschsprachigen Raum (vgl. Matthes 2011, S. 73).

Da ARIS als theoretisches Konzept und als Softwarewerkzeug unabhängig voneinander betrachtet werden kann (vgl. Seidlmeier 2015, S. 18), wird der ARIS-Begriff im weiteren Verlauf dieser Arbeit als Konzept verstanden.

2.5.1 Architekturbegriff

Integrierte Informationssysteme werden häufig von verschiedenen Beteiligten realisiert. Da das entwickelte System trotzdem eine gewisse Homogenität aufweisen muss, sollte nach einheitlichen Regeln gearbeitet werden. Dieses Regelwerk kann als Architektur bezeichnet werden. Die ARIS-Architektur bildet das Rahmenwerk für die Entwicklung und Implementierung integrierter Informationssysteme und ermöglicht die Auswahl geeigneter Beschreibungsmethoden und darauf abgestimmter Werkzeuge (vgl. Scheer 1993, S. 83).

Obwohl das Konzept die Implementierung berücksichtigt, liegt das Hauptaugenmerk auf der Abbildung und Optimierung von Geschäftsprozessen (vgl. Matthes 2011, S. 73).

2.5.2 Grundgedanke von ARIS

Das ARIS-Konzept lässt sich durch zwei grundlegende Prinzipien beschreiben: Zum einen durch das Zerlegungsprinzip in unterschiedliche Beschreibungssichten und zum anderen durch die Beschreibung der Nähe zur Informationstechnik, dem sog. „Life-Cycle-Konzept“ (vgl. Scheer 1993, S. 87).

Beim Zerlegungsprinzip wird zunächst ein Unternehmensprozessmodell entwickelt und anschließend, um die Komplexität zu reduzieren, in verschiedene Sichten zerlegt. So können die einzelnen Sichten beschrieben werden, ohne die Zusammenhänge zu den anderen Sichten aufgreifen zu müssen. Später werden die Verbindungen zwischen ihnen wieder aufgenommen (vgl. ebd.). Bei dem anderen Prinzip handelt es sich um das Life-Cycle-Konzept. Bei diesem Konzept

¹⁵ Scheer 1992

¹⁶ Software AG 2015

werden den verschiedenen Beschreibungssichten zusätzliche Beschreibungsebenen hinzugefügt. Diese Ebenen beschreiben die unterschiedliche Nähe zur Informationstechnik. Durch die Nutzung des Life-Cycle-Konzeptes kann eine einheitliche Beschreibung der Entwicklungsphasen, von der ursächlichen Problemstellung bis hin zur Implementierung, gewährleistet werden (vgl. ebd.).

Mit der Betrachtung aller Sichten über alle Entwicklungsphasen hinweg verfolgt die ARIS-Architektur einen ganzheitlichen Betrachtungsansatz (vgl. ebd.). Die Zerlegung in die einzelnen Beschreibungssichten und -ebenen¹⁷ hilft darüber hinaus, die Komplexität der betriebswirtschaftlichen Realität (und des daraus resultierenden Modells) zu reduzieren (vgl. Seidlmeier 2015, S. 18).

Die Abbildung 2-9 zeigt die gebräuchliche Darstellung der ARIS-Architektur mit all seinen Komponenten in Form des ARIS-Hauses.

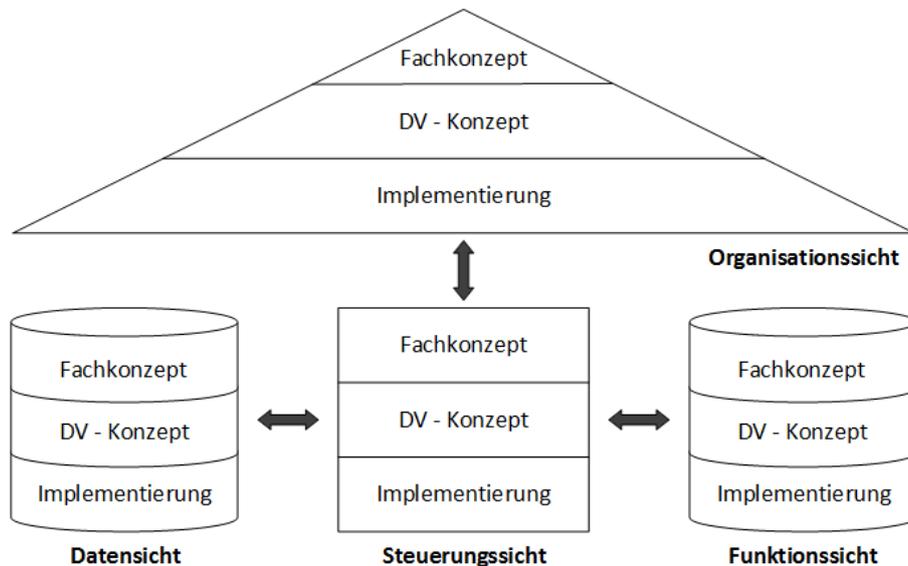


Abbildung 2-9: ARIS-Architektur (eigene Darstellung in Anlehnung an Scheer 1992, S. 18)

2.5.3 Zerlegung in die Beschreibungssichten

Würde man bei dem Entwurf eines Informationssystems sämtliche Zusammenhänge zwischen allen Prozesselementen betrachten, wäre das Endergebnis ein kaum handzuhabender, komplizierter Entwurf. Um diese Komplexität zu verringern, erfolgt eine Zerlegung des Gesamtzusammenhangs in unterschiedliche Beschreibungssichten. Während die Beziehungen innerhalb der Sichten sehr hoch sind, sind die Sichten untereinander nur relativ lose verbunden. Dadurch können die Sichten unabhängig voneinander bearbeitet werden (vgl. Scheer 1993, S. 89).

Für die grundlegende Einführung von ARIS müssen die Sichten für die Funktionen, die Daten und die Organisation in beliebiger Reihenfolge erstellt werden. Im Anschluss werden die Ele-

¹⁷ Life-Cycle-Konzept

mente dieser drei Sichten zur Steuerungssicht zusammengeführt (vgl. Seidlmeier 2015, S. 20). Folgende fünf Sichten finden sich im ursprünglichen Konzept von Scheer:

Datensicht

Die Datensicht beschreibt die logische Datenstruktur eines Geschäftsprozesses. Sie beinhaltet alle relevanten Informationsobjekte und deren Beziehungen zueinander (vgl. Seidlmeier 2015, S. 23; Gadatsch 2012, S. 118).

Die Informationsobjekte werden aus Bewegungs- und Stammdaten gebildet. Während die Stammdaten einen aktuellen Zustand repräsentieren (z. B. den Anlagenstatus), liefern die Bewegungsdaten Informationen zu Ereignissen (z. B. Wartung wurde durchgeführt) (vgl. Scheer 1993, S. 89; Gadatsch 2012, S. 122f).

Ziel der Modellierung ist ein konzeptionelles Datenmodell, welches den betrachteten Realitätsausschnitt durch Datenobjekte und deren Beziehungen beschreibt (vgl. Gadatsch 2012, S. 123).

Für die fachliche Modellierung der Datensicht werden Entity-Relationship-Diagramme eingesetzt, mit denen die Datenmodelle hierarchisch, netzwerkartig oder relational dargestellt werden können (vgl. ebd.).

Funktionssicht

Eine Funktion beschreibt ein materielles oder informationelles Objekt, an dem eine fachliche Aufgabe ausgeführt wird. Funktionen werden ausgeführt, sobald ein auslösendes Ereignis vorliegt, und sind beendet, wenn ein bestimmtes Zielereignis eintritt (vgl. Seidlmeier 2015, S. 21f).

Sämtliche auszuführenden Funktionen sowie deren Zusammenhänge untereinander bilden die Funktionssicht. In ihr finden sich die Beschreibung der Funktion, die dazu notwendigen Teilfunktionen und die bestehenden Anordnungsbeziehungen (vgl. Scheer 1993, S. 89).

Um die betriebswirtschaftlich relevanten Funktionen auf unterschiedlichen Verdichtungsebenen strukturiert zu erfassen, werden Funktionsbäume verwendet (vgl. Gadatsch 2012, S. 118). Die hierarchische Zerlegung der Funktionen bis in die Elementarfunktionen trägt dazu bei, die Komplexität zu reduzieren (vgl. Seidlmeier 2015, S. 21f).

Organisationssicht

In der Organisationssicht wird die Aufbauorganisation eines Unternehmens beschrieben. Sie wird aus Bearbeitern (z. B. Personen) und Organisationseinheiten (z. B. Abteilungen) und deren Beziehungen untereinander gebildet (vgl. Scheer 1993, S. 89; Matthes 2011, S. 73f). Durch diese Modellierung können disziplinarische und fachliche Hierarchiestrukturen dargestellt werden (vgl. Gadatsch 2012, S. 118f).

Die Organisationseinheiten zeichnen sich dadurch aus, dass in ihnen gleichartige oder ähnliche Aufgaben oder Arbeitsobjekte bearbeitet werden (vgl. Scheer 1993, S. 89); (Gadatsch 2012, S.

118f), die zur Erreichung der Unternehmensziele durchgeführt werden müssen. Sie setzen sich aus Stellen und deren Stelleninhabern (Personen) zusammen (vgl. Seidlmeier 2015, S. 25).

Die Struktur und die Beziehungen von Organisationseinheiten und Bearbeitern werden in der Organisationssicht in Form von Organigrammen spezifiziert (vgl. Gadatsch 2012, S. 118f).

Steuerungssicht

Die Zerlegung in einzelne Beschreibungssichten reduziert die Komplexität des Ausgangsproblems, sorgt aber auch für den Verlust der Zusammenhänge zwischen den Sichten (vgl. Scheer 1993, S. 90). Mit der Einführung der Steuerungssicht, in der die Beziehungen zwischen den Sichten beschrieben werden, werden die Modelle der anderen Teilsichten wieder zusammengeführt. Indem die bestehenden Beziehungen in einer eigenen Sicht aufgenommen werden, können alle Verbindungen systematisch und redundanzfrei erfasst werden (vgl. Seidlmeier 2015, S. 25f; Scheer 1993, S. 90).

Im Vordergrund der Steuerungssicht steht die Betrachtung des gesamten Geschäftsprozesses, der stufenweise verfeinert wird. Dazu werden im Wesentlichen Wertschöpfungskettendiagramme genutzt, die zu erweiterten Ereignisgesteuerten Prozessketten (eEPK) verfeinert werden (vgl. Gadatsch 2012, S. 168).

Ressourcensicht

Die Ressourcensicht beinhaltet die Hard- und Software der Informationstechnik, bildet jedoch keine eigene Sicht als Teil des ARIS-Hauses (vgl. Matthes 2011, S. 73f). Vielmehr wird sie durch das Life-Cycle-Konzept aufgelöst. Die Beschreibungsebenen, die dabei jeder Beschreibungssicht hinzugefügt werden, ersetzen eine eigenständige Ressourcensicht (vgl. Scheer 1993, S. 90).

Im ursprünglichen Konzept von Scheer (z. B. Scheer 1992; Scheer 1993) finden sich nur die beschriebenen Sichten. In späteren Veröffentlichungen (z. B. (Scheer 1998; Scheer 2002) findet sich darüber hinaus auch eine Leistungssicht. Diese Sicht beschreibt die materiellen und immateriellen Leistungen, die das Unternehmen hervorbringt und wird mit Hilfe eines Produktmodells dargestellt (vgl. Gadatsch 2012, S. 118). Da für diese Arbeit der ursprüngliche ARIS-Ansatz verfolgt wird, wird auf die Leistungssicht nicht näher eingegangen.

2.5.4 Unterteilung in die Beschreibungsebenen

Das Life-Cycle-Konzept dient der Definition der unterschiedlichen Beschreibungsebenen, die sich durch ihre Nähe zur Informationstechnik unterscheiden. Jede der Beschreibungssichten wird in die drei Beschreibungsebenen „Fachkonzept“, „DV-Konzept“ und „technische Implementierung“ unterteilt. Somit umfasst das Life-Cycle-Konzept den gesamten Lebenslauf eines Informationssystems, beginnend bei der betriebswirtschaftlichen Problemstellung über die Fach- und DV-Konzeption bis hin zur eigentlichen Implementierung (vgl. Scheer 1993, S. 90).

Die Abbildung 2-10 zeigt die Abfolge der drei Beschreibungsebenen, die von der initialen Problemstellung und dem fertigen IT-System eingerahmt werden.

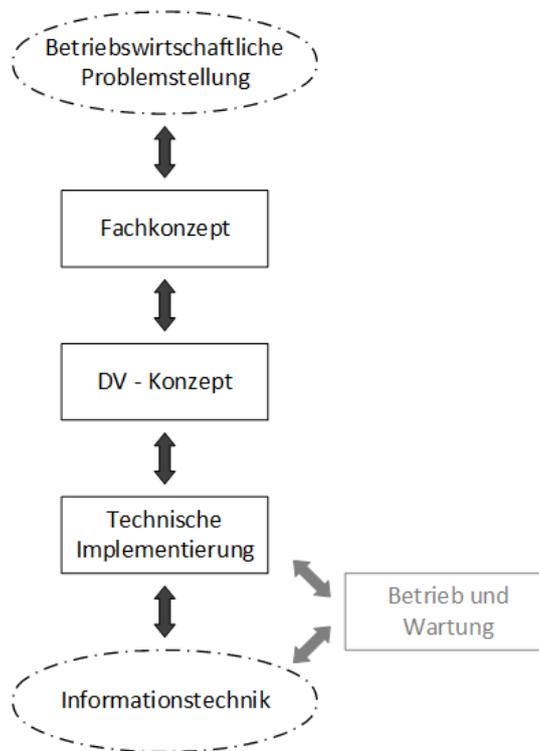


Abbildung 2-10: Beschreibungsebenen des Life-Cycle-Konzeptes
(eigene Darstellung in Anlehnung an Scheer 1993, S. 91)

Betriebswirtschaftliche Problemstellung

Die betriebswirtschaftliche Problemstellung stellt den Ausgangspunkt für die Systementwicklung dar (vgl. Scheer 1993, S. 91). In ihr sind der Ist-Zustand, die fachliche Zielsetzung und eine mögliche IT-Unterstützung durch halbformale Beschreibungsmethoden erfasst (vgl. Matthes 2011, S. 74).

Durch den halbformalen Charakter kann sie bereits von den Fachabteilungen erstellt werden (vgl. Seidlmeier 2015, S. 27). Jedoch kann sie daher, und wegen der fehlenden Detailliertheit, nicht als Ausgangspunkt für eine formale Implementierung dienen (vgl. Scheer 1993, S. 91).

Fachkonzept

Das anschließende Fachkonzept ist sehr eng mit der betriebswirtschaftlichen Problemstellung verbunden. In ihm erfolgt der Übergang zu einer detaillierten und formalisierten Beschreibung der zu unterstützenden Problemstellung (vgl. Scheer 1993, S. 91f).

Da im Fachkonzept sowohl der Ist- als auch der Sollzustand über formale Modelle abgebildet werden (vgl. Seidlmeier 2015, S. 27), kann das Fachkonzept auch als semantische Modellierung verstanden werden (vgl. Scheer 1993, S. 92; Matthes 2011, S. 74). Es liefert zugleich eine strukturierte Darstellung des Prozesses und kann als Ausgangspunkt für die weitere, konsistente Umsetzung in ein IT-System herangezogen werden (vgl. Matthes 2011, S. 74; Scheer 1993, S. 91).

DV-Konzept

Die Inhalte des Fachkonzeptes werden mithilfe des DV-Konzeptes in die Kategorien der DV-Umsetzung überführt (vgl. Scheer 1993, S. 92). Dazu werden die organisatorischen Beschreibungen in die Sprache der Informationstechnik übersetzt (vgl. Seidlmeier 2015, S. 27) und die betrieblichen Funktionen (Aufgaben) in die entsprechenden Module und Benutzertransaktionen überführt (vgl. Scheer 1993, S. 92).

Fach- und DV-Konzept sind nur lose miteinander verbunden. Dadurch wird gewährleistet, dass das DV-Konzept verändert werden kann, ohne gleichzeitig das Fachkonzept anpassen zu müssen. Das Fachkonzept muss wiederum so aufgebaut sein, dass DV-bezogene Faktoren¹⁸ keine Auswirkungen auf die fachlichen Inhalte haben (vgl. ebd.).

Technische Implementierung

In der abschließenden Phase, der technischen Implementierung, wird das DV-Konzept in reale Hard- und Softwarekomponenten überführt und physisch mit der Informationstechnik verbunden (vgl. Scheer 1993, S. 92). Zu dieser Phase gehören ebenfalls die Schulung der zukünftigen Nutzer sowie die Systemübergabe vgl. (Seidlmeier 2015, S. 26f).¹⁹

Die Ebenen unterliegen unterschiedlichen Änderungsfrequenzen. Die Implementierungsebene weist die höchste Änderungsrate auf, da sie sehr eng mit der (physischen) Informationstechnik verbunden ist und durch deren Entwicklung die häufigsten Veränderungen durchlebt (vgl. Scheer 1993, S. 92).

Im Gegensatz dazu ist das Fachkonzept „langfristiger Träger des betriebswirtschaftlichen Gedankengutes“ (Scheer 1993, S. 92) und unterliegt den geringsten Änderungen. Es stellt den Ausgangspunkt für sämtliche weiteren Entwicklungsschritte dar und besitzt die größte Lebensdauer innerhalb des Systems (vgl. ebd.).

¹⁸ z. B. Leistungsverhalten eines Systems

¹⁹ Der eigentliche Betrieb und die Wartung des Informationssystems, also der Nutzungsprozess, gehören nicht mehr zu den Beschreibungsebenen, da diese eher den Entwicklungsprozess betrachten (vgl. Scheer 1992, S. 16). Der Vollständigkeit halber wurde die Phase in der Abbildung 2-10 angedeutet.

Mit dem Zerlegungsprinzip in die verschiedenen Beschreibungssichten und der Einteilung in die Beschreibungsebenen ist das ARIS-Konzept vollständig entwickelt (vgl. ebd.).

Die drei Phasen Fachkonzept, DV-Konzept und Implementierung sind nicht immer voneinander zu trennen. Daher ist auch eine exakte Zuordnung von Beschreibungsmethoden und Modellen nicht immer eindeutig (vgl. Scheer 1992, S. 17). Durch die Nähe zur anfänglichen Problemstellung ist das Fachkonzept die Schnittstelle zwischen den Nutzern und dem Übergang zur formalen Umsetzung in eine DV-Sprache (vgl. Scheer 1993, S. 92f). Aus diesem Grund ist die Fachkonzeptebene für diese Arbeit von besonderem Interesse und wird vordergründig betrachtet. Das DV-Konzept und die technische Implementierung sind nicht mehr Teil dieser Untersuchung.

2.6 Ist-Betrachtung

Zu den ersten Schritten einer Untersuchung gehört das Erheben und Sammeln von relevanten Informationen und Daten, die eine Abbildung der Ausgangssituation ermöglichen (vgl. Bundesministerium des Innern 2015, S. 80). Die Betrachtung bildet die Basis für alle weiteren Untersuchungen und hilft, Schwachstellen und Optimierungspotenziale aufzudecken (vgl. Schwegmann und Laske 2012, S. 165).

Im Gegensatz zur amerikanisch geprägten Management-Literatur befürworten deutschsprachige Werke mehrheitlich die Modellierung und Untersuchung der Ist-Situation (vgl. Schneider et al. 2008, S. 81f). Da solche Untersuchungen aber mit einem erheblichen Aufwand verbunden sein können (vgl. Schwegmann und Laske 2012, S. 165), müssen sowohl die Zweckmäßigkeit als auch die Notwendigkeit hinterfragt werden (vgl. Schneider et al. 2008, S. 81).

Eine selbst nur rudimentäre Modellierung der Ist-Situation ist dann sinnvoll (vgl. Schwegmann und Laske 2012, S. 165f), wenn folgende Ziele erreicht werden können (vgl. Schneider et al. 2008, S. 81f):

- Das Modell liefert einen detaillierten Überblick über die aktuellen Prozesse sowie über deren Zusammenhänge und Wechselwirkungen.
- Das Modell vereinfacht das Verständnis und die Kommunikation über das Prozesssystem.
- Das Modell ermöglicht es, formale Regeln und Vorschriften zu definieren, die für die Ausführung der Prozesse erforderlich sind.
- Das Modell hilft, Schwachstellen im Arbeitsablauf und Verbesserungspotenziale aufzudecken.
- Das Modell trägt dazu bei, Möglichkeiten der IT-Unterstützung zu ermitteln.

2.6.1 Vorgehensmodell zur Modellierung der Ist-Situation

Schwegmann und Laske (vgl. Schwegmann und Laske 2012, S. 167ff) und Schneider et al. (vgl. Schneider et al. 2008, S. 82ff) schlagen für die Ist-Modellierung ein vierstufiges Vorgehensmodell vor. Beide Modelle ähneln sich stark in den Bezeichnungen und Inhalten der jeweiligen Phasen, welche bei Schwegmann und Laske folgendermaßen definiert sind:

- Vorbereitung der Ist-Modellierung;
- Identifizierung und Priorisierung der zu erhebenden Problembereiche;
- Erhebung und Dokumentation der Istmodelle;
- Modellkonsolidierung.

Den beiden Modellen folgend findet auch in dieser Arbeit ein vierstufiges Vorgehen Anwendung.

Vorbereitung

In der Vorbereitungsphase werden die grundlegenden Parameter für die Ist-Modellierung festgelegt. Dazu gehören unter anderem der Detaillierungsgrad der Modellierung, die heranzuziehenden Informationsquellen sowie die zu nutzenden Erhebungs- und Modellierungstechniken.

Die Zielsetzung und die Rahmenbedingungen des Projekts determinieren sowohl den Detaillierungsgrad als auch die Erhebungs- und Modellierungstechniken (vgl. Schwegmann und Laske 2012, S. 167). Zu beachten ist dabei, dass die Vollständigkeit und die Qualität der zu erhebenden Daten direkt die Qualität des Gesamtmodells beeinflussen. Für eine alleinige Abbildung der Ist-Situation sollte der Ist-Zustand nur so detailliert beschrieben werden, wie es für die Problemlösung hinreichend ist (vgl. Bundesministerium des Innern 2015, S. 80).

Der mit einer detaillierteren Ist-Modellierung verbundene Mehraufwand rechtfertigt sich nur dann, wenn große Teile des Modells für die Soll-Modellierung wiederverwendet werden sollen (vgl. Schwegmann und Laske 2012, S. 167).

Für die Erhebung der Ist-Situation haben sich verschiedene potenzielle Informationsquellen als vorteilhaft aufgetan. Dazu gehören unter anderem interne Organisationshandbücher, vorhandene Dokumentationen von bestehenden IT-Systemen und Expertenbefragungen (vgl. Schwegmann und Laske 2012, S. 167f).

Die vorhandenen Informationsquellen sollten zusätzlich zum Inhalt auch auf ihre Aktualität und Relevanz untersucht werden, da die Dokumente häufig nicht auf dem neuesten Stand sind bzw. nicht die betriebliche Realität wiedergeben. Folglich sollten zur Beurteilung zusätzlich Experten (z. B. qualifizierte Mitarbeiter) herangezogen werden, welche mit den vorhandenen Abläufen und den organisatorischen Strukturen vertraut sind (vgl. ebd.).

Zur Beschreibung und Darstellung der identifizierten Prozesse haben sich, neben anderen, die Beschreibung in Textform sowie die grafische Darstellung (mit oder ohne definierte Notation) als geeignet erwiesen (vgl. Allweyer 2012, S. 130), (Schneider et al. 2008, S. 84)]

Die Textform ermöglicht es, die Prozesse detailliert und präzise zu beschreiben. Es besteht jedoch die Gefahr, dass die Beschreibung zu umfangreich gerät und an Prägnanz verliert. Dieses Problem kann beseitigt werden, indem die Beschreibung durch eine Grafik ergänzt wird. Die textuelle Beschreibung dient schließlich als Vorlage für die grafische Umsetzung, z. B. in Form einer erweiterten Ereignisgesteuerten Prozesskette (eEPK). Daraus ergibt sich eine anschauliche, gut verständliche Prozessbeschreibung, die sich einfach kommunizieren lässt. Zusätzlich kann sie die Sachverhalte aus der textuellen Beschreibung, wie beispielsweise Prozessverzweigungen oder Wechselwirkungen und Zusammenhänge, gut abbilden (vgl. Schneider et al. 2008, S. 84ff).

Identifikation und Eingrenzung des Problembereichs

Das Ziel dieser Phase ist die Abgrenzung und Gliederung des Untersuchungsbereichs. Dazu müssen die Problembereiche identifiziert und in handhabbare Modellierungskomplexe zerlegt werden. Im Anschluss erfolgt eine grobe Erfassung der existierenden Prozesse und Strukturen innerhalb dieser Problembereiche, um deren Zusammenhänge überblickartig zu skizzieren (vgl. Schwegmann und Laske 2012, S. 169ff), (Schneider et al. 2008, S. 83).

Bereits in dieser Phase sollten sämtliche Aspekte, die später modelliert werden sollen, auf ihre Priorität hin untersucht werden. Hohe Priorität besitzen z. B. aktuelle und zukünftige Kernprozesse, Bereiche mit hoher Kostenintensität und Prozesse mit erhöhtem Reorganisationsbedarf²⁰. Bereiche, die für die Zielsetzung nicht relevant sind und nicht zu den Kernprozessen gehören, können vernachlässigt werden (vgl. Schwegmann und Laske 2012, S. 173f).

Erhebung und Modellierung des Ist-Modells

Diese Phase widmet sich der Identifikation und Dokumentation aller relevanten Prozesse und organisatorischer Strukturen. Zusätzlich können eingesetzte IT-Systeme grob abgebildet werden, um etwaige Schnittstellen zu identifizieren (vgl. Schwegmann und Laske 2012, S. 175), (Schneider et al. 2008, S. 83). Die eigentliche Erstellung der Modelle erfolgt in verschiedenen Arbeitskreisen, in denen die Modelle sukzessive immer detaillierter abgebildet werden, bis die reale Ist-Situation in hinreichender Komplexitätsrepräsentiert wird (vgl. Schwegmann und Laske 2012, S. 175), (Schneider et al. 2008, S. 83). Ein zusätzliches Augenmerk gilt der Identifikation der eingesetzten Fachbegriffe, die in dieser Phase definiert und konsolidiert werden können. Zusätzlich können durch die Fachexperten Schwachstellen und Verbesserungspotenziale spezi-

²⁰ Ein hoher Reorganisationsbedarf entsteht, wenn ein Prozess ineffizient ausgeführt wird, hohe Prozesskosten oder zahlreiche Prozessschnittstellen aufweist [vgl. Schwegmann und Laske 2012, S. 173f].

fiziert werden. Daneben sollten nach Möglichkeit bereits die Ursachen bzw. Lösungsansätze erfasst werden [vgl. \cite(Schwegmann und Laske 2012) S175].

Konsolidierung des Modells

Die Konsolidierung des Modells ist notwendig, wenn mehrere Teilmodelle zu einem einzigen Ist-Modell zusammengeführt werden sollen. Grundsätzlich sollten die Teilbereiche mit gleichem Abstraktionsniveau einen einheitlichen Detaillierungsgrad aufweisen. Bereiche, die häufig Veränderungen unterworfen sind oder die bei der Sollmodellierung gravierend geändert werden, sollten auf einem hohen Abstraktionsniveau abgebildet werden. Stabilere Prozesse können, sofern es dem Modellierungsziel dient, detaillierter dargestellt werden [vgl. \cite(Schwegmann und Laske 2012), S178].

Nach der Integration der einzelnen Modellteile kann das entstandene Gesamtmodell auf Vollständigkeit und Konsistenz überprüft werden. Das Modell sollte dabei sowohl inhaltlich durch Fachexperten als auch formal durch Methodenexperten überprüft werden (vgl. Schneider et al. 2008, S. 83).

2.6.2 Ist-Analyse

Im Anschluss an die Ist-Erhebung erfolgt die Analyse der gewonnenen Daten. Indem Soll-/Ist-Abweichungen und Schwachstellen ermittelt werden, können Optimierungspotenziale aufgedeckt werden. Von besonderem Interesse sind die Analyse der Aufgabenstruktur und der Aufgabeninhalte sowie die Untersuchung der organisatorischen Strukturen, insbesondere der Ablauforganisation mit den zugrunde liegenden Geschäftsprozessen (vgl. Bundesministerium des Innern 2015, S. 80ff). Für die Einführung von integrierten Softwaresystemen für die Instandhaltung schlägt Kurt Matyas ein Phasenmodell vor. Eine Phase widmet sich der Ist-Analyse in folgenden vier Schritten (vgl. Matyas 1999, S. 93f):

- Aufgabenanalyse,
- Organisations- und Ablaufanalyse,
- Ermittlung von Datengerüst und Datenqualität,
- Dokumentation der Problemzonen und Schwachstellen.

In diesen Arbeitsschritten werden die bestehenden Prozesse hinsichtlich ihrer Aufgabeninhalte sowie deren Struktur und Organisation kritisch hinterfragt. Zusätzlich wird das vorhandene Datengerüst betrachtet. Abschließend erfolgt die Dokumentation der festgestellten Mängel (vgl. Matyas 1999, S. 94).

3 Instandhaltung durch Fertigungsmitarbeiter in der VW AG

Die durch diese Arbeit zu beantwortende Fragestellung ist, ob und inwieweit die autonome Instandhaltung durch IT-Unterstützung verbessert werden kann. Vordergründig gilt es, die in der Fertigungsabteilung gewonnenen Daten für die IT-Systeme der Instandhaltung nutzbar zu machen. Für die weitere Betrachtung ist es daher notwendig, die aktuellen Instandhaltungs- und TPM-Prozesse der VW AG zu untersuchen, um mögliche Schwachstellen und Optimierungspotenziale aufzudecken. Dazu folgt eine Betrachtung der Instandhaltung durch das Fertigungspersonal.

3.1 Instandhaltung in der VW AG

Die Instandhaltung der VW AG ist dezentral und verschiedenartig organisiert. Häufig hat jedes Gewerk²¹ seine eigene, unabhängige Instandhaltungsabteilung die autark agiert und selbstständig entscheidet. In den sechs deutschen VW-Werken²² finden sich insgesamt über 40 Instandhaltungsbereiche; allein das Hauptwerk in Wolfsburg hat mehr als zehn zuständige Abteilungen (vgl. VWAG 2013a).

Durch die Vielzahl unterschiedlicher Bereiche gibt es keine einheitliche Instandhaltungsstrategie. Derzeit wird anwendungsbezogen über die jeweilige Strategie entschieden. Das langfristige Hauptziel ist jedoch, von der reinen Entstörung zu einer zustandsbasierten Instandhaltung zu gelangen. Die Abbildung 3-1 veranschaulicht die im Einsatz befindlichen Instandhaltungsstrategien und deutet durch die Verlagerung hin zu einer zustandsorientierten bzw. korrektiven Instandhaltung die gewünschte Erhöhung des Instandhaltungs-Niveaus an, an (vgl. VWAG 2013b, S. 21f).

²¹ Karosseriebau, Lackierung, Forschung & Entwicklung

²² Braunschweig, Emden, Hannover, Kassel, Salzgitter, Wolfsburg

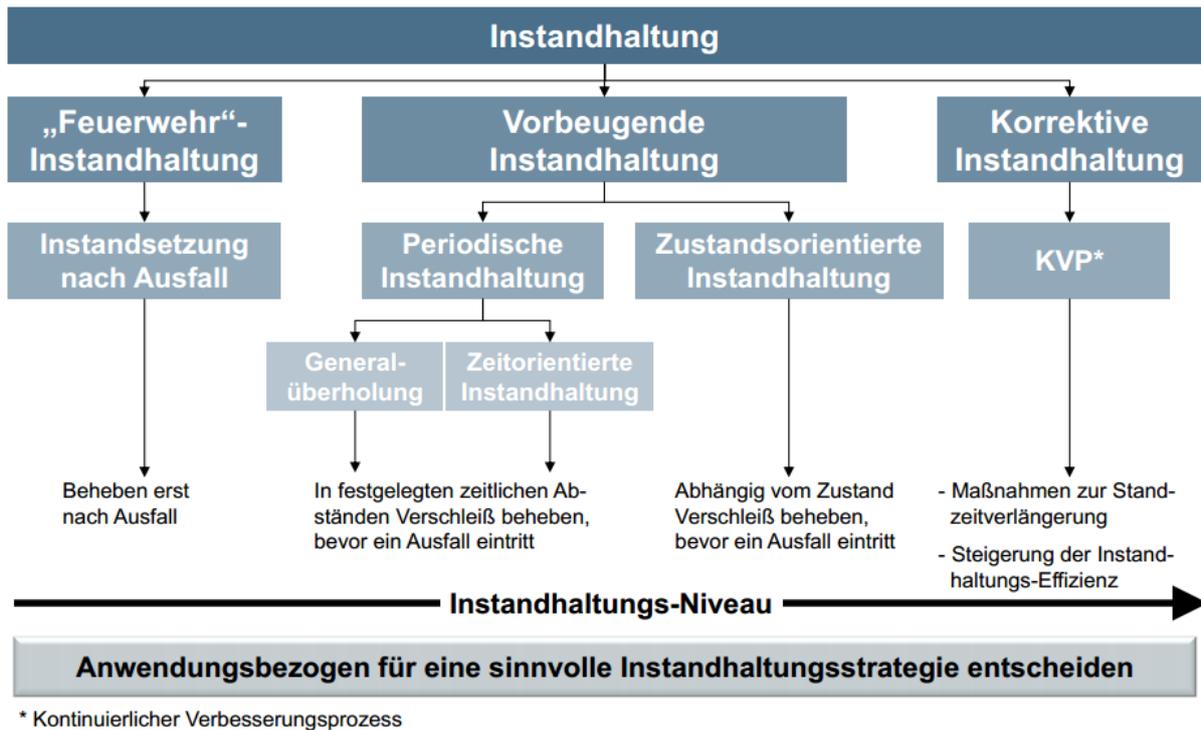


Abbildung 3-1: Instandhaltungsstrategien (VWAG 2013b, S. 21)

Die Instandhaltung spielt eine zunehmend wichtigere Rolle bei der Betrachtung der Lebenszykluskosten (LZK) einer Anlage. Eine Beispielrechnung verdeutlicht dies: Bei Investitionskosten von 50 Mio. Euro und einer unterstellten Anlagenlebensdauer von zehn Jahren belaufen sich die angenommenen LZK auf ca. 255 Millionen Euro. Davon entfallen etwa 20 % auf die reinen Investitionskosten und die restlichen 80 % auf die Betriebskosten. Die Instandhaltungs- und Wartungskosten betragen etwa 90 Mio. Euro zuzüglich 10 Mio. Euro für Ersatzteile. Zusammen mit angenommenen 50 Mio. Euro für Verluste durch Störungen im Betriebsablauf belaufen sich die instandhaltungsrelevanten Kosten auf 150 Mio. Euro. Das bedeutet, dass etwa 60 % der LZK allein für die Instandhaltung (im weiteren Sinne) aufgebracht werden müssen (vgl. VWAG 2013b, S. 83). Bei der Neuanschaffung einer Anlage sollten daher nicht nur die minimalen Investitionskosten, sondern auch die minimalen LZK anvisiert werden. Unter diesem Gesichtspunkt wird auch die Relevanz der Instandhaltung deutlich, da die Reduzierung der LZK einer Anlage durch die Reduzierung der instandhaltungsrelevanten Kosten unterstützt werden kann.

Auf dem Weg zur kontinuierlichen Verbesserung wird in der VW AG seit den 1990er Jahren TPM eingesetzt. Im folgenden Abschnitt wird die Umsetzung von TPM in der VW AG betrachtet.

3.2 Einsatz von TPM in der VW AG

Das Konzern-Produktionssystem der VW AG beinhaltet ein umfassendes System von Managementprinzipien, deren Zielsetzungen in den sogenannten Methodenbausteinen formuliert sind. Die TPM-Systematik ist als Methodenbaustein im Bereich „Perfektion“ verankert. Die Abbildung 3-2 zeigt schematisch dieses Produktionssystem mit dem markierten TPM-Baustein.

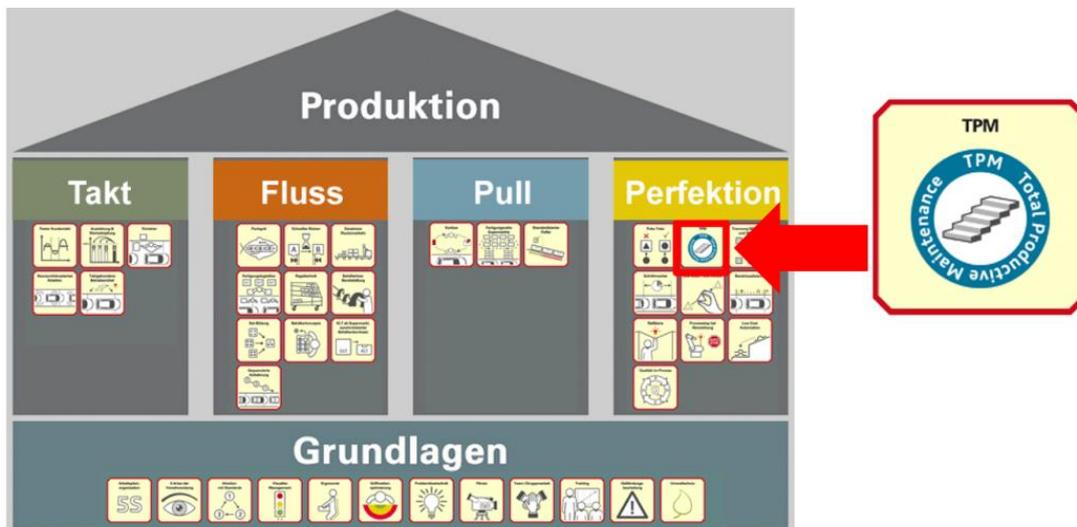


Abbildung 3-2: TPM im Konzern-Produktionssystem (VWAG 2013b, S. 7)

In diesem Produktionssystem wird der Baustein TPM in seiner ursprünglichen Definition als „Total Productive Maintenance“ genutzt. Auf die Auslegung als „Total Productive Management“ (vgl. Kapitel 2.2.2) wird verzichtet, um Überschneidungen mit anderen Methodenbausteinen zu vermeiden (vgl. VWAG 2013b, S. 5).

Vor diesem Hintergrund werden die fünf TPM-Säulen

- Beseitigung von Schwerpunktproblemen,
- Autonome Instandhaltung,
- Geplantes Instandhaltungsprogramm,
- Instandhaltungs-Prävention und
- Schulung und Training,

wie sie bereits in Kapitel 2.2.5 beschrieben wurden, genutzt.

Das übergeordnete Einsatzziel der TPM-Maßnahmen in der VW AG besteht in der Reduzierung der Fertigungskosten über die gesamte Laufzeit einer Anlage. Dies wird zum einen durch die

Reduzierung des Instandhaltungsanteils und zum anderen über die Erhöhung der Gesamtanlageneffektivität (OEE)²³ erreicht.

Der Instandhaltungsanteil wird vornehmlich durch die Einführung der autonomen Instandhaltung reduziert, da Routinearbeiten auf das Produktionspersonal übertragen werden. Ferner tragen die Standardisierung von Wartungs-, Inspektions- und Reinigungsaufgaben und die selbstständige Durchführung dieser Tätigkeiten dazu bei, den Aufwand, die Anlagen im Sollzustand zu halten, zu verringern.

Die OEE wird über die methodische und dauerhafte Beseitigung von Produktionsverlusten durch Stillstandzeiten und Leistungsverluste sowie durch die Vermeidung von Nacharbeit und qualitätsbedingtem Ausschuss erhöht. Infolgedessen kann die Effektivität der Anlage gesteigert werden, was wiederum zu harmonischeren Fertigungsabläufen in der verketteten Produktion führt. Ein weiteres Ziel ist die beständige Weiterbildung der Mitarbeiter, da der Ausbau der Fähigkeiten und Fertigkeiten des Produktionspersonals durch das kontinuierliche Einbringen von eigenem Wissen und den Austausch von Erfahrungen vorangetrieben wird. Dies stärkt die Mitarbeiterbeteiligung, fördert die Zusammenarbeit und steigert das Qualifizierungsniveau des Fertigungspersonals. Dadurch können Probleme frühzeitig erkannt sowie schnell und nachhaltig abgestellt werden. Die gewonnenen Erfahrungen fließen ebenfalls bei der Verbesserung oder Neubeschaffung einer Anlage ein.

3.3 Autonome Instandhaltung in den Fertigungsbereichen

Die theoretischen Grundlagen zur autonomen Instandhaltung wurden bereits in Kapitel 2.3 betrachtet. Dieser Abschnitt betrachtet nun die autonome Instandhaltung, wie sie in den Fertigungsbereichen der VW AG zum Einsatz kommt.

3.3.1 Abweichungen von der TPM-Literatur

Im Gegensatz zu Al-Radhi, der ein Vorgehen in sieben Schritten vorschlägt, verwendet die VW AG ein fünfstufiges Phasenmodell zur Umsetzung der autonomen Instandhaltung. Die Tabelle 3-1 stellt beide Methoden gegenüber.

²³ Die englische Bezeichnung „Overall Equipment Effectiveness“ (OEE) ist im VW-Konzern gebräuchlicher.

Stufenmodell der VW AG	Analogie im Stufenmodell nach Al-Radhi
Grundreinigung: „Reinigung ist auch Inspektion“	„Grundreinigung mit erster Überprüfung“
Maßnahmen: Verschmutzungsquellen und Zugänglichkeit	„Maßnahmen gegen Verschmutzungsquellen und Verbesserung der Zugänglichkeit“
Standards	„Festlegung von vorläufigen Standards“
Training: Qualifikation	„Inspektion und Wartung der gesamten Produktionsanlage“
Autonome Instandhaltung	Entspricht den Stufen: „Beginn der autonomen Instandhaltung“ und „Autonome Instandhaltung“

Tabelle 3-1: Gegenüberstellung der Phasenmodelle der autonomen Instandhaltung

Analog zu Al-Radhi wird die Anlage in den ersten drei Phasen in einen Grundzustand versetzt, der als Ausgangszustand für die darauffolgenden Phasen dient. Der größte Unterschied zu Al-Radhis Vorgehen besteht darin, dass die Einführung des „5 S“-Programms bereits vorab als Grundlage für TPM erfolgt (vgl. VWAG 2013b, S. 37). Daher kann auf Al-Radhis Stufe „Organisation und Verbesserung des Arbeitsplatzes“ im Rahmen der Einführung der autonomen Instandhaltung verzichtet werden. Die Stufen „Beginn der autonomen Instandhaltung“ und „Autonome Instandhaltung“ werden in der VW AG zusammengefasst. Das Hauptaugenmerk dieser Phase liegt auf der konsequenten Umsetzung eines autonomen Anlagemanagements und der kontinuierlichen Verbesserung und Weiterentwicklung der erarbeiteten Standards (vgl. VWAG 2013b, S. 55).

Eine ausführliche Beschreibung der einzelnen Stufen ist in Anhang A-2 dargestellt.

3.3.2 W.I.R.-Pläne

Die sogenannten W.I.R.-Pläne repräsentieren das Hauptwerkzeug für die Einführung der autonomen Instandhaltung in den Fertigungsbereichen. Das Akronym „W.I.R.“ veranschaulicht die Haupttätigkeiten Wartung, Inspektion und Reinigung, die von den Anlagenbedienern übernommen werden können. Dazu werden verbindliche Wartungs-, Inspektions- und Reinigungspläne erstellt, welche in Papierform gleichzeitig der Dokumentation der durchgeführten Tätigkeiten dienen. Die folgende Auflistung fasst die W.I.R.-Tätigkeiten kurz zusammen:

- **Wartung:** Das Ziel der Wartung ist es, den Sollzustand der Anlage durch planmäßiges Reinigen und Schmieren von Funktionsteilen sowie durch den systematischen Wechsel von Verschleißteilen aufrecht zu erhalten.
- **Inspektion:** Die Durchführung regelmäßiger Inspektionen dient der Erkennung und Auffindung von möglichen Störquellen durch permanenten Abgleich von Soll- und Ist-Parametern.

- **Reinigung:** Die allgemeine Reinigung der Maschine und derer Komponenten dient nicht nur dem sauberen Erscheinungsbild der Anlage, sondern gemäß dem Motto „Reinigen ist auch Inspektion“ auch dem Auffinden von Kleinstdefekten wie Rissen, losen Verbindungen oder Unebenheiten.

Die W.I.R.-Pläne listen sämtliche durchzuführenden Instandhaltungstätigkeiten dieser drei Kategorien mit der jeweiligen Fälligkeit auf. Dazu ist für jedes Bauteil bzw. für jede Baugruppe der Anlage die durchzuführende Tätigkeit kurz beschrieben. Eine farbliche Kategorisierung zeigt zusätzlich an, in welchen Fristen die Aufgaben zu erledigen sind. Ein Beispiel für so einen solchen W.I.R.-Plan ist in der Abbildung 3-3 dargestellt.

Wartungsprotokoll Inv.-Nr. 9 304 291

A 12 DB-ML, Helmich Linie V AFO: Dämpfer Beölung zuständig: Maschinenbediener

Stand: Dez. - 2014		Anschlagring																Verantw. Meister: M. Muster													
		KW 1/2014				KW 2/2014				KW 3/2014				KW 4/2014																	
Zeit [min]		Intervall	30.12.13	31.12.13	01.01.14	02.01.14	03.01.14	04.01.14	05.01.14	06.01.14	07.01.14	08.01.14	09.01.14	10.01.14	11.01.14	12.01.14	13.01.14	14.01.14	15.01.14	16.01.14	17.01.14	18.01.14	19.01.14	20.01.14	21.01.14	22.01.14	23.01.14	24.01.14	25.01.14	26.01.14	
Schutzumhausung auf Beschädigung überprüfen, ggf. instandsetzen	Prüfen 3	F																													
		S																													
		N																													
Umfeld fegen und Sauberhalten	10	N																													
Beölkopf auf Verschleiß kontrollieren und reinigen	15	w																													
Bandsystem und Drehtisch reinigen, Dämpfung der Stopper überprüfen	15	w																													
Ladetasche auf Beschädigung kontrollieren	10	w																													
Umfeld wischen & Ölwanne reinigen	30	w																													
Bedienpult mit geeignetem Reinigungsmittel reinigen	10	m																													
N = Anlage nicht gefahren Kürzel = durchgeführt O = nicht durchgeführt																															
		Unterschrift des Meister/in																													



KOMPONENTE
GESCHÄFTSFELD FAHRWERK

F = Frühschicht
S = Spätschicht
N = Nachtschicht

t = täglich
w = wöchentlich
2w = 2wöchentlich
m = monatlich in d. 1. Wartungsschicht



Abbildung 3-3: W.I.R.-Plan einer Anlage der Dämpferproduktion [Quelle: VW AG]

3.3.3 Qualifikation der Produktionsmitarbeiter

Für die erfolgreiche Umsetzung der autonomen Instandhaltung sind einige Fähigkeiten der Produktionsmitarbeiter erforderlich. Das Fertigungspersonal unterteilt sich zum größten Teil in Anlagenbediener und Anlagenführer, die neben der Produktion TPM-Aufgaben erfüllen können. Der Anlagenbediener muss den Sollzustand seiner Anlage kennen. Sollten Abweichungen von diesem Zustand auftreten, muss er diese erkennen und schnell beseitigen können.

Zusätzlich zu den Fähigkeiten des Anlagenbedieners muss der Anlagenführer Mängel an der Anlage erkennen und die Anlage verbessern können. Dafür ist es notwendig, dass der Anlagenführer die strukturelle Funktion der Anlage und den Zusammenhang zur Qualität versteht. Nur so gelingt es, Ursachen für Abweichungen systematisch finden und vorhersagen zu können. Darüber hinaus muss der Anlagenführer in der Lage sein, Reparaturen durchzuführen (vgl. VWAG 2013b, S. 59).

Im Rahmen der TPM-Einführung finden Weiterbildungen und Schulungen statt, die die Produktionsmitarbeiter auf ihre neuen Aufgaben vorbereiten sollen. Der Produktionsablauf sollte von diesen Maßnahmen nur in geringem Maße beeinflusst werden. Daher bieten sich zeitlich versetzte Schulungen an. Daraus und aus einer möglichen Mitarbeiterfluktuation resultiert ein heterogener Kenntnisstand zwischen den Produktionsmitarbeitern. Der aktuelle Stand der jeweiligen Qualifikationen und Weiterbildungen wird über eine sogenannte Qualifikationsmatrix²⁴ festgehalten. Diese für alle transparente Übersicht zeigt, welcher Mitarbeiter über welche Instandhaltungsqualifikation(en) verfügt. Zusätzlich wird aus ihr evident, wann die Qualifikation erworben wurde bzw. wann sie zu erwerben geplant ist (vgl. Wiethoff 1995, S. 356).

Ein Sonderfall der Qualifizierung sind die sogenannten Ein-Minuten-Unterweisungen (EMU). Das zugehörige Formular zeigt anhand von Skizzen und kurzen Erklärungen, wie bestimmte auftretende Mängel der Anlage behoben und welche Maßnahmen zur Vorbeugung getroffen werden können. Die jeweiligen Verfahrensschritte werden über vier Felder beschrieben, in denen folgende Fragen beantwortet werden:

- Was für ein Mangel ist es?
- Was passiert, wenn es so bleibt?
- Warum ist es dazu gekommen?
- Welche Gegenmaßnahmen werden unternommen?

Die Qualifizierungsmatrix wird dazu genutzt, den Qualifizierungsstatus aller Teammitglieder bezüglich dieser EMU zu erfassen. Sind alle Mitglieder über die Kurzunterweisung geschult worden, wird eine neue EMU an der TPM-Tafel angebracht.

²⁴ In der Literatur wird teilweise von Qualifikationsrastern gesprochen. Vgl. Wiethoff 1995, S. 356.

3.4 TPM-Tafeln der Fertigung

Die VW AG setzt in den Produktionsbereichen sogenannte Fertigungstafeln zur Visualisierung ein. Diese Informationstafeln veranschaulichen verschiedene produktionsrelevante Aspekte wie z. B. Informationen zu Fertigungsprozessen, zu Personal und Organisation oder Informationen zur Produktlinie selbst. Eine Fertigungstafel ist zugleich der zentrale Ort der Datenerfassung und -auswertung. In erster Linie werden dort Papierlisten geführt bzw. Ergebnisse von Analysen veröffentlicht. Um Redundanzen weitestgehend zu vermeiden, berichtet jeder Bereich gewerk-spezifisch von seinen Schwerpunkten. Damit die Tafeln bereichsübergreifend lesbar sind, wird mit Standardinhalten gearbeitet, die Mitarbeiter können jedoch in ihren Bereichen flexibel ent-scheiden, welche Inhalte veröffentlicht werden (vgl. VWAG 2013b, S. 113ff).

Im Kontext dieser Fertigungstafeln wird auch zur Visualisierung der TPM-Inhalte eine so-genannte TPM-Tafel geführt. Die Abbildung 3-4 zeigt schematisch das Layout einer solchen Tafel und eine vollständig geführte Tafel im realen Produktionsumfeld.

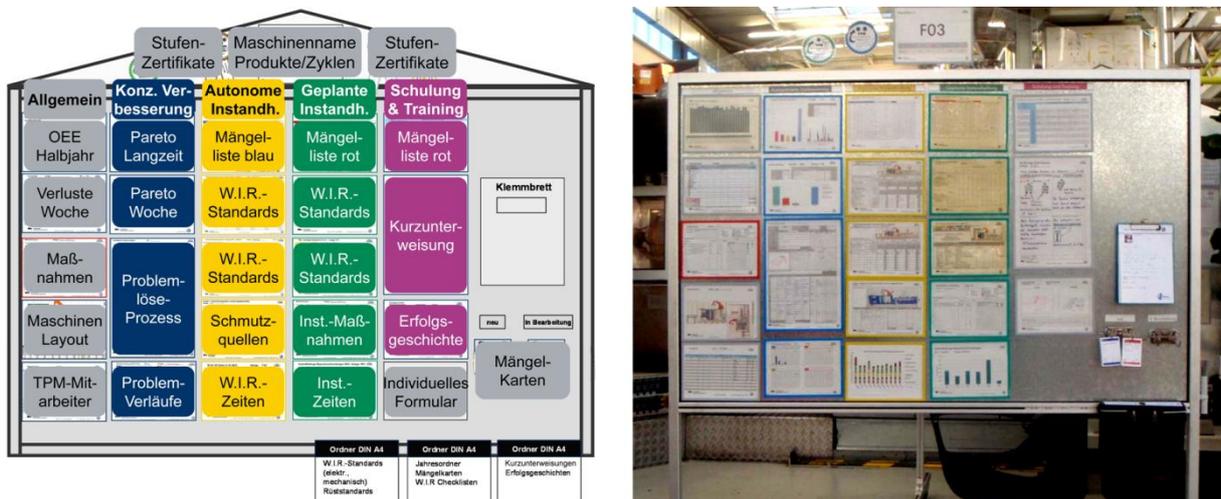


Abbildung 3-4: TPM-Tafel im Fertigungsbereich (VWAG 2013b, S. 117f)

Werden im entsprechenden Bereich TPM-Maßnahmen eingeführt, ist die Tafel zunächst leer. Stufenweise werden dann die Blätter angebracht, die bereits verwendet werden. Dies können beispielsweise zu führende Wartungs- und Mängellisten oder Termine von geplanten Instandhaltungsmaßnahmen sein. Die Belegschaft wird dadurch inkrementell an die verschiedenen TPM-Inhalte herangeführt. Die Tafel wächst stufenweise, analog zur Einführung neuer Maßnahmen. Sobald der Bedarf entsteht, wird ein neues Blatt, und damit neue Informationen, aufgenommen. Als fundamentales Prinzip gilt, dass ein an der Tafel hängendes Blatt auch geführt werden muss. Da die Informationen für alle Mitarbeiter an einem zentralen Ort sichtbar sind, schaffen sie eine gemeinsame Basis für die weiteren TPM-Arbeiten (vgl. VWAG 2013b, S. 114f)).

Die Inhalte der Tafeln können sich von Bereich zu Bereich stark unterscheiden. Je nach Fortschritt der TPM-Einführung im jeweiligen Bereich können die Tafeln unterschiedlich stark gefüllt sein. Alle Tafeln sind aber nach einem ähnlichen Schema aufgebaut, da die farblich abgegrenzten Bereiche standardisiert sind, um die Säulenstruktur des TPM-Tempels abzubilden. Sie kennzeichnen allgemeine Informationen (grau), „Konzentrierte Verbesserung“ (blau), „Autonome Instandhaltung“ (gelb), „Geplante Instandhaltung“ (grün) und „Schulung und Training“ (lila). Die einheitliche Farbgestaltung trägt zur bereichsübergreifenden Lesbarkeit der Tafeln bei. Die Abbildung 3-5 zeigt exemplarisch einen minimalen Aufbau einer TPM-Tafel.

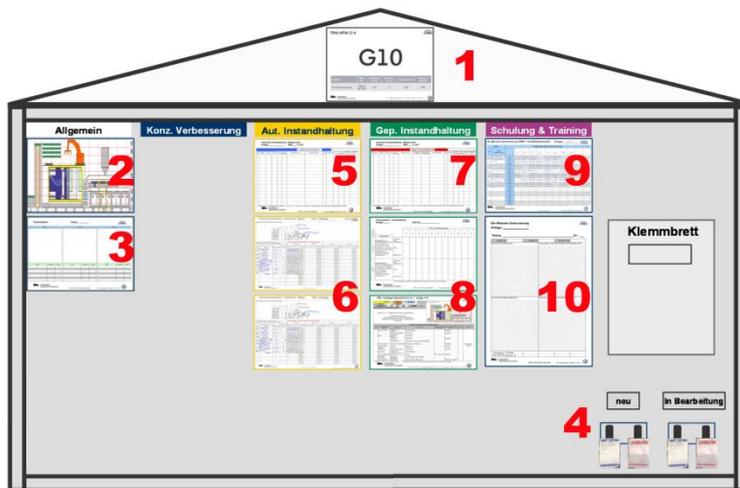


Abbildung 3-5: möglicher Minimalinhalt einer TPM-Tafel

Der Minimalinhalt besteht aus der genauen Bezeichnung der Anlage bzw. des Bereiches (1), zusätzlich sollte das Maschinenlayout (2) grafisch aufbereitet sein, damit die entsprechenden Maschinenelemente identifiziert werden können. Die verantwortlichen TPM-Kleingruppen und die als zuständig definierten Mitarbeiter werden ebenfalls im allgemeinen Bereich aufgelistet (3). Im Abschnitt der autonomen Instandhaltung ist eine blaue Mängelliste (5) veröffentlicht, die aus den blauen Mängelkarten (4) resultiert. Diese kleinen Mängel können durch die Fertigungsmitarbeiter selbst behoben werden, müssen aber stets in der blauen Mängelliste dokumentiert werden. Routinemäßige W.I.R.-Maßnahmen werden ebenfalls nach der Ausführung in den W.I.R.-Listen der Fertigung (6) dokumentiert. Im Gegensatz dazu wird im Abschnitt der geplanten Instandhaltung die rote Mängelliste (7) geführt, die aus den roten Mängelkarten (4) resultiert. Analog werden diese Mängel durch die Instandhalter behoben und dokumentiert. Analog zu den Fertigungsmitarbeitern führen die Instandhalter routinemäßige W.I.R.-Maßnahmen aus und dokumentieren sie in der entsprechenden Liste (8). Die Soll- und Ist-Qualifikation der Mitarbeiter für die einzelnen TPM-Maßnahmen wird transparent in einer Qualifikationsmatrix (9) im Bereich „Schulung & Training“ veröffentlicht. Im selben Abschnitt sind zusätzlich Kurzunterweisungen (EMU) (10) für die jeweiligen TPM-Aufgaben aufgelistet.

Mit steigendem Anteil eingeführter TPM-Maßnahmen kommen weitere Blätter hinzu, bis die Tafel, wie in Abbildung 3-4 dargestellt, vollständig gefüllt ist. Ein besonderes Augenmerk wird dann auf Messwerte gelegt, wie beispielsweise die Anlagenverfügbarkeit oder die OEE, da diese als Wirksamkeitsnachweis für die TPM-Maßnahmen herangezogen werden können. Überdies dienen sie der systematischen und nachhaltigen Beseitigung von Problemschwerpunkten der Anlage, da die Messwerte den Problemschwerpunkten zugeordnet werden können.

Für das nachhaltige Gelingen der TPM-Einführung ist die gewissenhafte Führung der Tafeln von essenzieller Bedeutung, da viele Maßnahmen nur einmalig über die Listen an den Tafeln dokumentiert werden. Dies ist besonders für die Auswertung der Messwerte und für Audits in den entsprechenden Bereichen relevant.

Eine Liste der möglichen Inhalte einer TPM-Tafel findet sich in Anhang A-3.

3.5 Instandhaltungssysteme

Die Vielzahl unabhängig agierender Instandhaltungsbereiche führt zu unterschiedlichen Prozessen mit individuellen IT-Lösungen. Zusätzlich zu reinen Instandhaltungssystemen finden sich auch Access-und Excel-basierte Lösungen und eigene Entwicklungen. Teilweise wird aber auch gänzlich ohne IT-Unterstützung gearbeitet. Mit den Schnittstellen²⁵ zu den angrenzenden Systemen der Querschnittbereiche Finanzen (Abrechnung), Controlling (Budgetplanung und Controlling) und Materialwirtschaft (Einkauf und lagerhaltiges Material) kommen im Konzern mehr als 150 verschiedene Lösungen zum Einsatz, in denen die instandhaltungsrelevanten Daten verarbeitet werden. Aktuell sind weltweit lediglich 26% aller Arbeitsschritte in der Instandhaltung durch konzernweit einheitliche Prozesse und Systeme abgedeckt. Dieser diversifizierten Prozesslandschaft ist eine ungewollt hohe Komplexität geschuldet, da jede Lösung individuelle Arbeitsschritte erfordert. „Best Practice“-Lösungen sind daher kaum vergleich- oder adaptierbar und ein Expertenaustausch wird erschwert (vgl. VWAG 2013a)].

Seit 2010 bekennt sich VW zu Standardlösungen von IBM und SAP, welche zugleich die meistgenutzten Systeme in Deutschland darstellen (vgl. verlag moderne industrie GmbH 2011, S. 18). In den innerdeutschen VW-Werken wird IBM MAXIMO als zentrales System konzipiert und aufgebaut, während SAP-PM in SAP-geprägten Systemlandschaften zum Einsatz kommt. Für alle Werke wird jedoch bedarfs- und situationsgerecht entschieden (vgl. VWAG 2013a).

MAXIMO

MAXIMO ist ein webbasiertes Enterprise Asset Management (EAM) System, dessen Hauptanwendungsgebiet das Anlagenmanagement ist. Hinzu kommen das Auftragswesen für die Instandhaltung sowie eine Vielzahl von Querschnittsfunktionen, die über die Schnittstellen mit

²⁵ beinhaltet auch Software, die zwischen zwei Anwendungen als Schnittstelle fungiert

den anderen Unternehmensbereichen wie z. B. der Materialwirtschaft oder dem Personalwesen verknüpft sind.

Die Abbildung 3-6 zeigt die Einordnung des Systems in den Unternehmenskontext. Die Grafik macht deutlich, dass MAXIMO eine Schnittstellenfunktion zwischen den Unternehmensprozessen und dem Shopfloor-Bereich einnimmt.

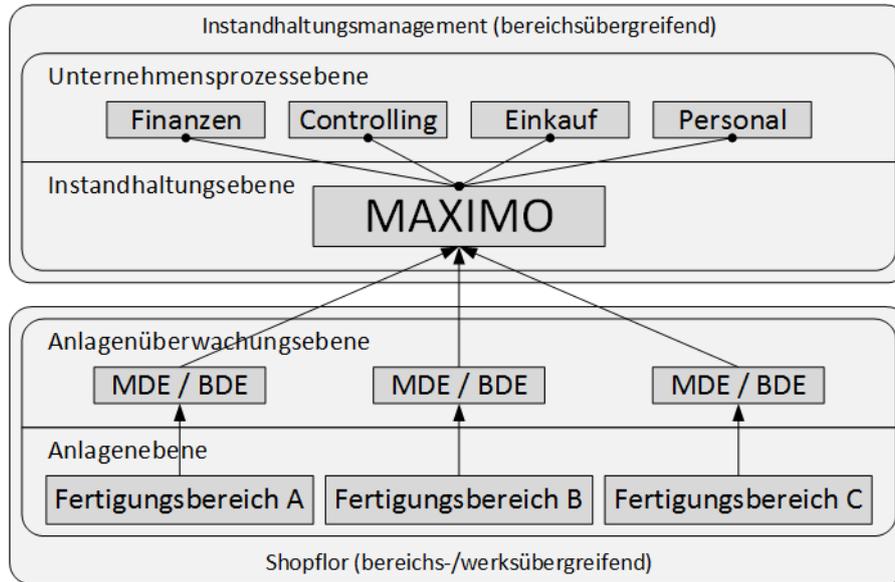


Abbildung 3-6: Einordnung MAXIMOs in die Unternehmensebenen

Diese Positionierung innerhalb des Unternehmens evoziert eine große Anzahl unterschiedlicher Nutzer. Jeder Nutzerkreis hat andere Aufgaben und benötigt daher unterschiedliche Informationen, die vom System bereitgestellt werden müssen. Die Tabelle 3-2 zeigt eine Auswahl der Nutzergruppen und ihrer Aufgaben im System.

Nutzerkreis	Aufgaben
Instandhalter	Aufgabenbearbeitung (IH-Aufträge)
Sachbearbeiter (Querschnittsbereiche)	Steuerung von Material- und Dienstleistungsbedarf, Abrechnung von Material und Arbeitszeit
Sachbearbeiter (Instandhaltung)	Pflege der Daten, Auftragsplanung, Analysen und Berichtswesen, Schwachstellenanalyse
Meister	Planung und Verfolgung von Ressourcen und Aufträgen
Management	Strategieableitung und Verfolgung

Tabelle 3-2: MAXIMO-Nutzerkreis und Aufgaben

Obwohl MAXIMO zur Klasse der Standardsoftware zählt, bietet der modulare Systemaufbau den Vorteil, dass eine Anpassung an die Unternehmensanforderungen zugänglich ist. Die jeweiligen betrieblichen Anwendungen bilden als „MAXIMO Business Objects“ (MBO) den Kern des EAM-

Systems. Die MBO sind Repräsentationen der zugrunde liegenden Datenbanktabellen und können durch Hinzufügen neuer Felder oder Beziehungen verändert werden. Das Datenmodell kann jederzeit um neue Objekte oder Beziehungen erweitert werden. Die Schnittstelle zum Benutzer erfolgt über Web-Masken, die über den Internetbrowser aufgerufen werden können. Zusätzlich existiert mit dem „MAXIMO Enterprise Adapter“ (MEA) eine Schnittstelle zu Fremdsystemen, die den MAXIMO-Datenbestand zur Weiterverarbeitung benötigen. Der Aufbau als sogenannter „Modularer IT-System Baukasten“ (MIB) ist in Abbildung 3-7 schematisch dargestellt. Stellvertretend wurden einige Anwendungen als MBO angedeutet.

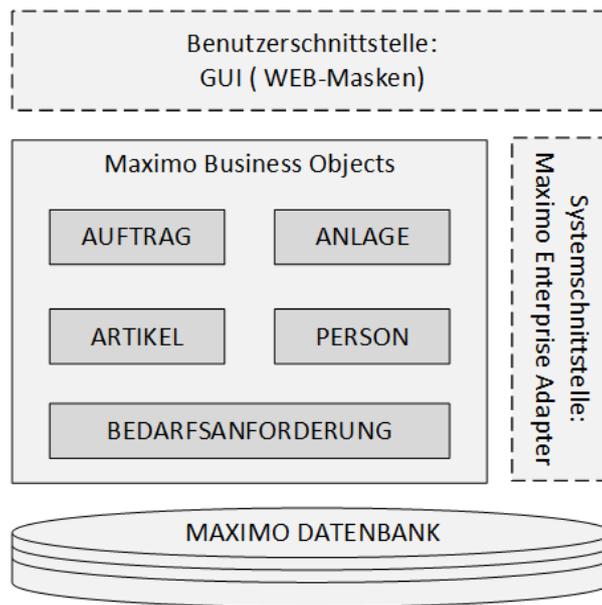


Abbildung 3-7: Schematische Darstellung des MIB

Der Vorteil dieser Struktur zeigt sich bei der Anpassung des Systems an den jeweiligen Unternehmenskontext. Die anwendungsspezifischen Web-Masken sind grundsätzlich identisch aufgebaut, die Inhalte lassen sich jedoch über den sogenannten „Anwendungsdesigner“ anpassen. Über diesen Editor können das Layout geändert und Datenfelder hinzugefügt oder entfernt werden. Die meisten MAXIMO-Konfigurationen lassen sich über Editoren ohne Programmierkenntnisse im Livebetrieb verändern. Beispielhaft dafür seien an dieser Stelle das Ändern von einzelnen Objekten bzw. derer Beziehungen untereinander oder die grafische Darstellung der Masken genannt.

3.6 Aktuelles Vorgehen der Instandhaltung durch Fertigungsmitarbeiter

Ziel der Arbeit ist es, die derzeitigen TPM-Prozesse der Fertigung durch IT zu unterstützen. Dazu ist es notwendig, den Prozess zu erfassen und auf Problemzonen und Schwachstellen zu untersuchen.

3.6.1 Ist-Erhebung

Der derzeitige TPM-Prozess, wie er in den Fertigungsabteilungen zum Einsatz kommt, wird über eine Ist-Erhebung erfasst. Dazu wird ein vierstufiges Vorgehensmodell genutzt, welches sich an den Modellen von Schwegmann / Laske und Schneider et al. orientiert (vgl. Kapitel 2.6).

Vorbereitung

In dieser Phase werden die grundlegenden Parameter für die Ist-Modellierung und die Rahmenbedingungen festgelegt. Als Informationsgrundlage für die Erhebung dienten verschiedene Arbeitskreise mit Vertretern der TPM-Koordination und der Instandhaltungsleitung aus dem Werk Braunschweig. Zusätzlich wurden das Konzern-Methodenhandbuch für TPM und die IT-Dokumentation für das MAXIMO-System herangezogen.

Da sich die einzelnen Arbeitsschritte der verschiedenen TPM-Maßnahmen zu sehr unterscheiden, erfolgt die Betrachtung nur bis auf die Ebene Wartung, Inspektion und Reinigung. Die tatsächlichen Arbeitsabfolgen, wie sie beispielsweise für eine Wartung notwendig wären, werden nicht näher betrachtet.

Für die Identifikation des aktuellen Ist-Prozesses kommt eine Kombination aus textueller Beschreibung und grafischer Darstellung in Form einer erweiterten Ereignisgesteuerten Prozesskette (eEPK), zum Einsatz.

Identifikation und Eingrenzung des Problembereichs

Die Erhebung befasst sich ausschließlich mit dem TPM-Prozess wie er von den Fertigungsmitarbeitern eingesetzt wird. Die angrenzenden und unterstützenden Prozesse, wie z. B. die Materialwirtschaft²⁶, werden nicht näher betrachtet. Ferner ist der Instandhaltungsprozess durch die zentrale Werktechnik nicht mehr Teil dieser Erhebung. Die Schnittstelle wird jedoch aus Sicht der Fertigung angedeutet.

Erhebung und Modellierung des Ist-Modells

In den Arbeitskreisen wurden die TPM-Prozesse der Fertigungsmitarbeiter identifiziert, sodass ein Prozessmodell entwickelt werden konnte.

Die Abbildung 3-8 zeigt diesen Gesamtprozess in Form einer eEPK²⁷. Die Schritte: „TPM-Maßnahme vorbereiten“, „TPM-Maßnahme durchführen“, „Mängelkarten hinterlegen“, „Werk-

²⁶ Beschaffung und Bevorratung von Ersatz- und Verschleißteilen sowie die Aufarbeitung bzw. Revision von Ersatzteilen

²⁷ Bei sämtlichen Modellierungsaufgaben im Rahmen dieser Arbeit, wurden die Grundsätze ordnungsmäßiger Modellierung beachtet. (Weiterführend: Rosemann 2012, S. 49)

technik informieren“ und „TPM-Maßnahme nachbereiten“ wurden im Gesamtmodell durch Hinterlegungen gekennzeichnet. Diese Detailmodelle finden sich als Abbildungen 3-9, 3-10, 3-11, 3-12 und 3-13.

Vorbedingungen

Die Vorbedingung für den Prozess ist die erfolgte TPM-Einführung in der Abteilung. Dies beinhaltet sowohl die Einführung der TPM-Tafeln und W.I.R.-Pläne als auch die selbstständige Umsetzung des „5 S“-Programm. In den betrachteten Bereichen werden diese Konzepte bereits umgesetzt.

Auswahl der TPM-Maßnahme

Zu Beginn des TPM-Prozesses muss ein Mitarbeiter zur Verfügung stehen, der zu diesem Zeitpunkt keine Fertigungsaufgaben wahrnimmt. Dies ist der Fall, wenn der Mitarbeiter regulär für TPM-Aufgaben zur Verfügung steht, z. B. in Form eingeplanter TPM-Zeiten, oder wenn es während der Fertigung zu einer Anlagenstörung kommt und der Arbeiter gezwungen ist, zu reagieren, um die Störung zu beheben. In diesem Fall wird ihm die Aufgabe durch die Störung vorgegeben.

Ist der Mitarbeiter frei verfügbar, wählt er selbstständig eine TPM-Aufgabe aus. Folgende Aufgaben stehen dabei zur Auswahl:

- Eine beliebige offene Aufgabe aus dem W.I.R.-Plan
- Eine offene Aufgabe aus dem W.I.R.-Plan, die aufgrund ihres Bearbeitungsintervalls zu erledigen ist
- Aufgaben, die durch eine blaue Mängelkarte an einem Bauteil oder der TPM-Tafel vorgegeben werden.

Vorbereitung der TPM-Maßnahme

Unabhängig von der Aufgabenauswahl muss die Maßnahme vorbereitet werden. Dazu muss die Arbeitsfähigkeit hergestellt werden. Die geschieht beispielsweise durch eine Notabschaltung während einer Störung oder durch sonstige Arbeitsschutzmaßnahmen.

Je nach Aufgabe muss der Mitarbeiter die nötigen Arbeitsschritte kennen oder in Erfahrung bringen sowie benötigte Arbeitsmittel (Werkzeuge, Messgeräte, Hilfs- und Betriebsstoffe) und ggf. nötige Ersatz- und Verschleißteile beschaffen, um die Aufgabe abarbeiten bzw. die Störung beheben zu können.

Die ausführlichen Prozessschritte sind in der Abbildung 3-9 detaillierter aufgeführt.

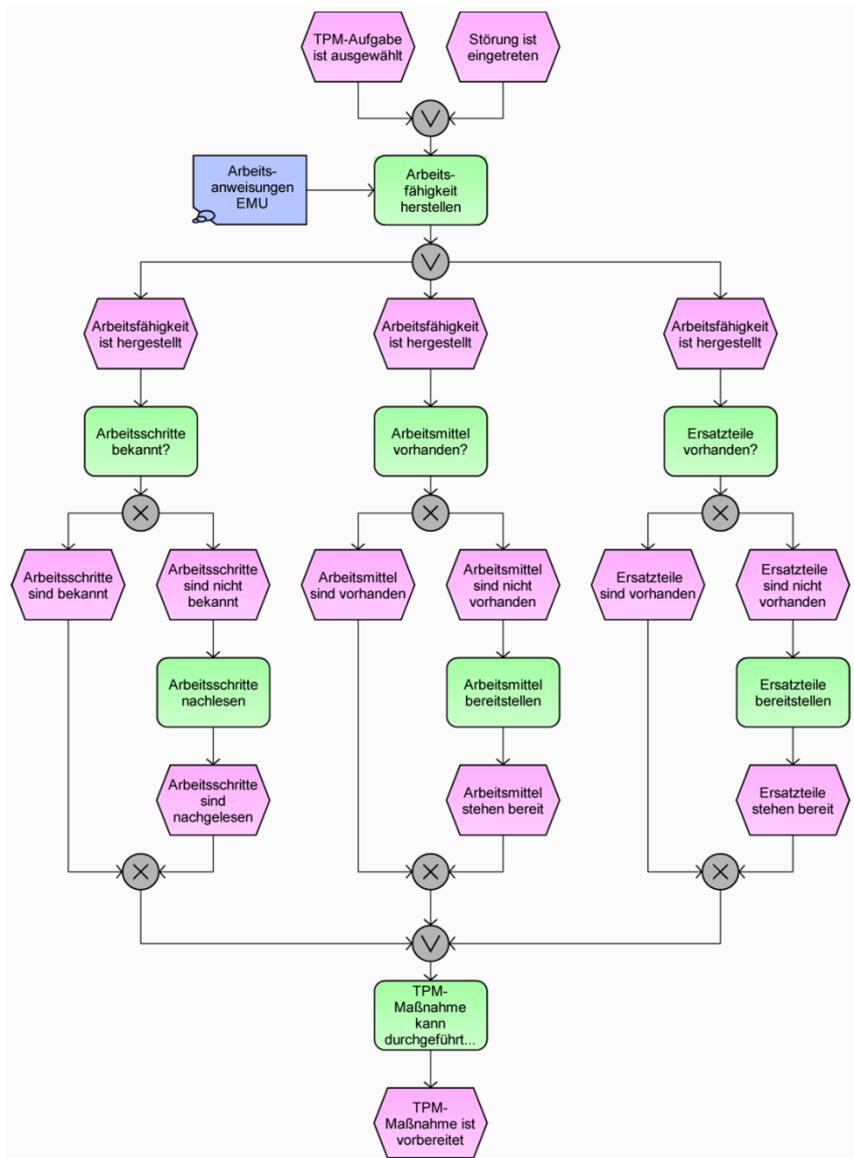


Abbildung 3-9: Ist-Prozess: TPM-Maßnahme vorbereiten (eEPK)

Durchführung der TPM-Maßnahmen

Jede TPM-Maßnahme beginnt mit der Prüfung auf deren Notwendigkeit. Diese Untersuchung erfolgt nur oberflächlich aufgrund des augenscheinlichen Zustandes der Anlage. Folgende Umstände können dazu führen, dass eine TPM-Maßnahme ausgesetzt werden kann:

- Die Anlage wurde gar nicht oder nur mit geringer Auslastung betrieben.
- Eine TPM-Maßnahme wurde erst kürzlich durchgeführt (z. B. am Ende des zulässigen Wartungsintervalls).
- Die Anlage wurde nach einer Störung instand gesetzt.

Ist die Maßnahme jedoch notwendig, müssen die geforderten bzw. nötigen W.I.R.-Maßnahmen der jeweiligen Aufgabe durchgeführt werden. Parallel dazu müssen sämtliche Bauteile, die von

der Maßnahme betroffen sind, auf ihren Ist-Zustand geprüft werden. Im Anschluss erfolgt eine Bewertung der Bauteile, bei welcher der festgestellte Ist-Zustand mit dem Sollzustand verglichen wird. Dieser Schritt wird auch dann durchgeführt, wenn die eigentliche TPM-Maßnahme nicht notwendig erscheint.

Die Abbildung 3-10 zeigt die Durchführung der W.I.R.-Maßnahmen mit der anschließenden Bauteilbewertung.

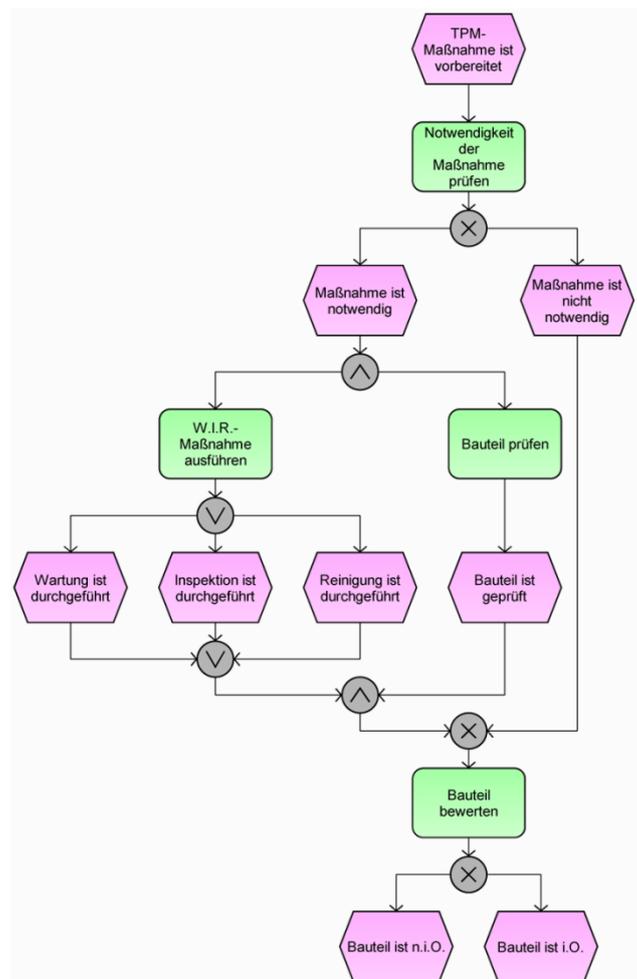


Abbildung 3-10: Ist-Prozess: Durchführung der W.I.R.-Maßnahmen (eEPK)

Wurde das Bauteil als „in Ordnung“ bewertet, kann die Maßnahme nachbereitet werden. Ist das Bauteil als „nicht in Ordnung“ bewertet worden, d. h. liegt der Ist-Zustand nicht mehr im Rahmen des geforderten Sollzustandes, muss der Mangel behoben werden. Der Mitarbeiter muss dabei selbst entscheiden, ob die verbleibende Zeit für eine Behebung des Mangels ausreichend erscheint. Ist genügend Zeit vorhanden, muss der Mitarbeiter beurteilen, ob seine eigene Qualifikation zur Behebung ausreicht und ob er die nötigen Berechtigungen²⁸, z. B. für Arbeiten an stromführenden Bauteilen, besitzt. Wenn dies der Fall ist, wird der Mangel unverzüglich behoben.

²⁸ Diese Qualifikationen sind in einer Qualifikationsmatrix an der TPM-Tafel hinterlegt.

ben. Ist die Qualifikation nicht ausreichend und beeinflusst die Störung die Produktionsfähigkeit der Anlage, muss die „Zentrale Störstelle“ informiert werden, welche wiederum einen elektronischen Instandhaltungsauftrag anlegt und an die Werktechnik weiterleitet. Diese kümmert sich dann um die weitere Durchführung der notwendigen Instandhaltungsmaßnahmen.

Die Abbildung 3-11 zeigt das Vorgehen, wie aus dem Anruf bei der Störstelle ein Instandhaltungsauftrag generiert und die Instandhaltungsabteilung informiert wird.

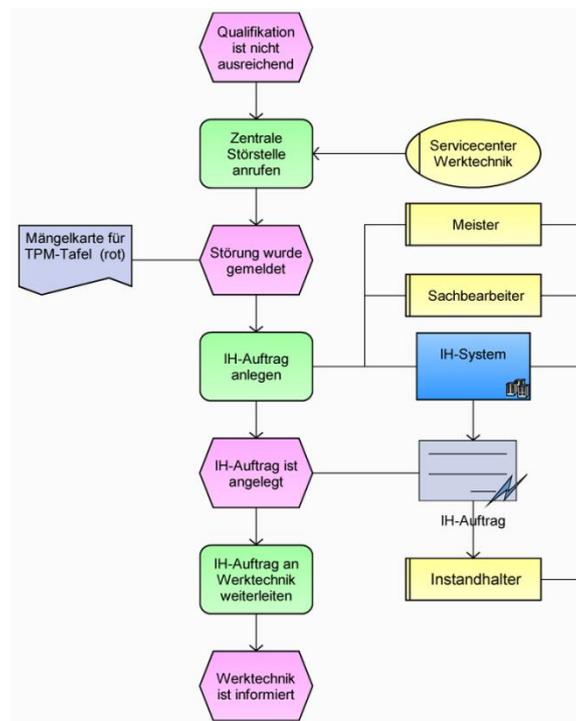


Abbildung 3-11: Ist-Prozess: Werktechnik informieren (eEPK)

Sollte der Mitarbeiter keine Zeit haben, den Mangel selbst zu beheben, kommen Mängelkarten zum Einsatz, um die Mängel zu markieren. Die so gekennzeichneten Mängel werden später durch andere Mitarbeiter behoben. Handelt es sich um einen kleineren Mangel, wird dieser durch eine blaue Mängelkarte gekennzeichnet. Hierzu werden zwei identische Mängelkarten ausgefüllt. Eine Karte wird am Bauteil hinterlegt, während die andere Karte an die TPM-Tafel gehängt wird. Handelt es sich um einen größeren Mangel²⁹, wird dieser durch eine rote Mängelkarte gekennzeichnet. Auch in diesem Fall werden zwei identische Mängelkarten für das Bauteil und die TPM-Tafel ausgefüllt. Die roten Mängelkarten werden von der Werktechnik ebenfalls wie Instandhaltungsaufträge behandelt. Die Abbildung 3-12 verdeutlicht dieses Vorgehen.

²⁹ Dieser Mangel darf nicht die Produktionsfähigkeit einschränken. Tut er es, muss die „Zentrale Störstelle“ informiert werden.

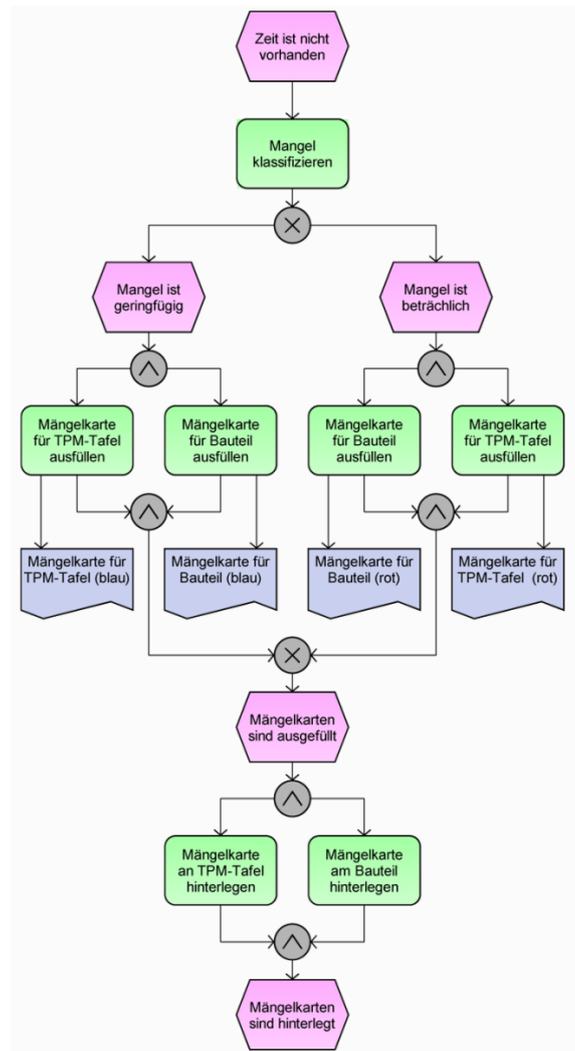


Abbildung 3-12: Ist-Prozess: Mängelkarten ausfüllen und hinterlegen (eEPK)

Nachbereitung und Abschluss der TPM-Maßnahmen

Kann der Mitarbeiter nicht mehr zur Behebung der festgestellten Mängel beitragen, weil der Mangel entweder behoben, die Mängelkarten ausgefüllt oder die Werktechnik informiert wurde, müssen die TPM-Maßnahmen nachbereitet werden. In erster Linie wird dabei der Arbeitsplatz aufgeräumt. Dies beinhaltet Reinigungs- und Aufräummaßnahmen, das Zurückbringen der verwendeten Arbeitsmittel, die Rückgabe nicht benötigter Ersatz- und Verschleißteile sowie die Entsorgung verschlissener oder defekter Teile. Bauteile, die ggf. aufgearbeitet werden können, werden der Werktechnik zur Revision zur Verfügung gestellt. Abschließend wird die Aufgabe im W.I.R.-Plan mittels Kurzzeichen (Initialen des Mitarbeiters) quittiert.³⁰

Sollte noch Restzeit für weitere TPM-Maßnahmen verbleiben, wählt der Mitarbeiter eine neue TPM-Aufgabe aus und bearbeitet diese nach dem gleichen Schema. Ist keine Zeit für weitere TPM-Maßnahmen vorhanden bzw. ist der Mitarbeiter nach einer behobenen Störung wieder in

³⁰ Dieser Schritt entfällt bei Maßnahmen, die nach einer Betriebsstörung erfolgen.

der Lage, Fertigungsaufgaben wahrzunehmen, ist die TPM-Maßnahme beendet und der Mitarbeiter steht der Fertigung wieder zur Verfügung.

Der Prozess der Aufgabennachbereitung und die Aufgabenquittierung sind in Abbildung 3-13 dargestellt.

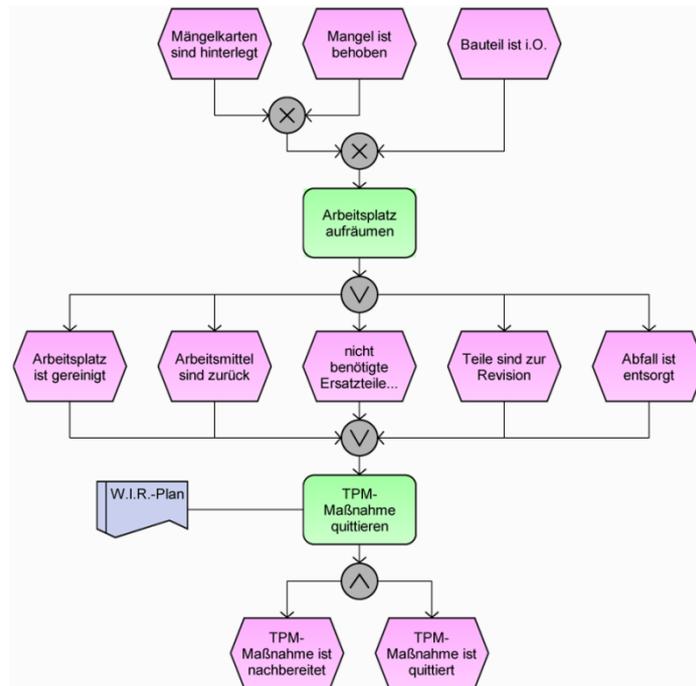


Abbildung 3-13: Ist-Prozess: TPM-Maßnahmen nachbereiten (eEPK)

Konsolidierung des Modells

Die Konsolidierung befasst sich hauptsächlich mit der Zusammenführung mehrerer Modelle. Da in diesem Fallbeispiel nur der TPM-Prozess der Fertigung betrachtet und in einem Modell dargestellt wird³¹, beschränkt sich die Konsolidierung auf die fachliche und formale Überprüfung der vollständigen und korrekten Prozesswiedergabe.

3.6.2 Ist-Analyse

Die im Rahmen der Ist-Erhebung gewonnenen Daten werden mithilfe einer Ist-Analyse nach Matyas ausgewertet [vgl. Kapitel 2.6]. Hierdurch sollen Aufgaben, Abläufe und Daten gezielt untersucht werden, um Schwachstellen und Optimierungspotenziale aufzudecken.

Aufgabenanalyse

Die erste Bestandsaufnahme erfolgt über eine Aufgabenanalyse der Instandhaltung durch die Fertigungsmitarbeiter. Sie dient in erster Linie dazu, die Funktionen der Instandhaltung zu erfassen und in Hinblick auf eine EDV-Systemeinbindung zu untersuchen.

³¹ Die Detailmodelle sind Teil des Gesamtmodells und stellen somit keine eigenen Modelle im Sinne einer Konsolidierung dar.

Welche Aufgaben werden durch die Fertigungsmitarbeiter erfüllt?

Im Zuge der TPM-Einführung wurde das „5 S“-Programm eingeführt. Diese Tätigkeiten dienen als Grundlage der autonomen Instandhaltung und werden bereits selbstständig durchgeführt. Ebenso werden die fünf Stufen der autonomen Instandhaltung³² angewendet.

Die dabei durchzuführenden Aufgaben sind in den W.I.R.-Plänen³³ festgehalten und werden von den Fertigungsmitarbeitern durchgeführt. Dem Personal steht es dabei frei, welche Aufgaben es in welcher Reihenfolge abarbeiten will, solange die entsprechenden Fristen eingehalten werden. Nach erfolgter Bearbeitung werden die Tätigkeiten über die W.I.R.-Pläne quittiert.

Darüber hinaus werden Störungen und Defekte, die nicht allein behoben werden können oder zu einem späteren Zeitpunkt abgearbeitet werden, über rote und blaue Mängelkarten gekennzeichnet und kommuniziert.

Wo liegen die Stärken und Schwächen des Ist-Zustandes?

Die Stärke des derzeitigen Zustandes liegt im einfachen Prozessaufbau, da sich der Mitarbeiter eigenständig eine Instandhaltungsaufgabe aus dem W.I.R.-Plan herausucht, diese entsprechend bearbeitet und im Anschluss im W.I.R.-Plan quittiert. Zusätzlich bieten die Mängelkarten die Möglichkeit, schichtübergreifend zu kommunizieren, welche Mängel gefunden wurden und wer diese behebt. So können Mehrfachaufträge für dieselben Defekte in den unterschiedlichen Schichten vermieden werden. Darüber hinaus ist der Prozess der autonomen Instandhaltung in der beschreibenden Form unabhängig von einer EDV-Anbindung nutzbar und in den TPM einsetzenden Bereichen gleich strukturiert.

In dem einfachen Prozessaufbau, der fehlenden EDV-Anbindung und den beschriebenen Freiheiten der Mitarbeiter liegen zugleich die größten Schwächen des Ist-Zustandes:

Freiheiten: Aufgrund der Entscheidungsfreiheiten der Mitarbeiter kann es vorkommen, dass einige Aufgaben spät oder gar nicht bearbeitet werden. Da aus den Wartungsplänen keine Zuständigkeiten hervorgehen, könnte dies dazu führen, dass sich Mitarbeiter immer wieder die gleichen oder „leichte“ Aufgaben aussuchen, die „unbeliebten“ Aufgaben aber vernachlässigt werden. Wird eine Maßnahme gar nicht oder nicht fristgemäß erledigt, gibt es keine Information darüber und auch keine unmittelbaren Konsequenzen für die Fertigungsmitarbeiter. Werden die Papierlisten nicht gewissenhaft geführt, kann eine Aufgabe auch am nächsten Tag nachgetragen werden. Der zuständige Meister zeichnet die W.I.R.-Pläne erst zu einem späteren Zeitpunkt ab, somit kann er nicht zeitnah sehen, ob die Aufgaben fristgemäß bearbeitet worden sind. Die Papierlisten erlauben auch, dass eine TPM-Maßnahme am letzten Tag des Wartungsintervalls

³² Fünfstufiges Phasenmodell der VW AG siehe Kapitel 3.3.1

³³ Siehe Kapitel 3.3.2

durchgeführt wird und erneut, wenn das neue Intervall anbricht. Dies ist jedoch weder aus technischen noch aus ökonomischen Gesichtspunkten sinnvoll.

Wenn die Mitarbeiter selbstständig Aufgaben zur Bearbeitung auswählen, kann es vorkommen, dass ein Mitarbeiter eine Aufgabe auswählt, für die weder eine ausreichende Qualifikation noch die entsprechende Berechtigung vorliegen. Dies würde erst auffallen, wenn die quitierten W.I.R.-Pläne mit der Qualifizierungsmatrix verglichen werden. Dieser Umstand führt zu einer vermeintlichen Sicherheit, weil die Aufgabe als „erledigt“ quittiert wurde, birgt aber gleichzeitig ein hohes Risiko, falls die Aufgabe (mangels Qualifikation) nicht richtig bzw. nicht vollständig ausgeführt wurde.

Zusätzlich könnte ein Mitarbeiter unbemerkt ein falsches Kürzel eines berechtigten Mitarbeiters eintragen.

EDV-Anbindung: Die fehlende EDV-Anbindung verhindert überdies die Sammlung und Auswertung der in der Fertigungsabteilung gewonnenen Daten. Rückschlüsse über falsch gewählte Zykluszeiten oder Schwachstellen sind so nicht möglich. Des Weiteren werden tatsächliche Stillstandszeiten im Rahmen der W.I.R.-Aufgaben nicht erfasst. Es werden nur die pauschalen Zeitansätze genutzt, die für die jeweiligen Aufgaben definiert sind.

Die roten Mängelkarten stellen Instandhaltungsaufträge dar und müssen daher entsprechend in den Instandhaltungssystemen erfasst werden. Das bedeutet, dass die papiergebundenen Aufträge im Nachhinein in das Instandhaltungssystem überführt werden müssen, damit die zentrale Werktechnik die angefallenen Instandhaltungskosten korrekt erfassen kann.

Prozess: Auch im Prozess selbst gibt es Schwachstellen. Beispielsweise werden offene, noch zu erledigende Aufgaben nicht priorisiert. Für die Mitarbeiter ist also nicht ersichtlich, wie dringlich eine Maßnahme auszuführen ist.

Nach Abarbeitung der W.I.R.-Pläne werden diese archiviert und bei TPM-Audits vorgelegt. Eine Auswertung der Wartungspläne hinsichtlich der Intervalle oder in Bezug auf Störungshäufungen findet nicht statt.

Aus den einfachen Papierlisten ist nicht ersichtlich, ob eine Aufgabe aktuell bearbeitet wird, da sie erst nach Beendigung quittiert werden muss. Die Mitarbeiter haben auch keine Möglichkeit, TPM-Arbeiten kurz zu unterbrechen und dies zu kennzeichnen. Für diesen Fall müsste der Prozess über die blauen Mängelkarten beendet werden.

Ein weiterer Schwachpunkt ist die Quittierung mittels Kurzzeichen, da ein Mitarbeiter auch ein fremdes Kürzel eintragen kann.

Die Mängelkarten stellen selbst auch einen Schwachpunkt dar, da die Einteilung der Zuständigkeiten durch die roten bzw. blauen Karten stark von der Qualifikation der Mitarbeiter abhängt. Mitarbeiter mit einer hohen Qualifikation können bzw. dürfen viele Aufgaben selbst erledigen

und füllen daher tendenziell mehr blaue als rote Mängelkarten aus, da sie viele Aufgaben selbstständig erledigen können und nur selten die Hilfe von Instandhaltern benötigen. Mitarbeiter mit geringerer Qualifikation füllen wiederum weniger blaue und mehr rote Karten aus, da sie weniger in der Lage sind, Mängel eigenständig zu beheben. Dies führt dazu, dass im 1. Fall (hohe Qualifikation) viele blaue Mängelkarten mit anspruchsvollen Tätigkeiten im Umlauf sind, während im 2. Fall (geringe Qualifikation) viele rote Mängelkarten mit Tätigkeiten im Umlauf sind, die für die Instandhalter eher Routineaufgaben darstellen.

Die Informationen auf den Mängelkarten können, je nach Beschreibungsqualität der festgestellten Mängel, unter Umständen unverständlich für eine weitere Person sein. Die Bearbeitung wird somit erschwert.

Organisations- und Ablaufanalyse

Um weitere Probleme des derzeitigen Ist-Zustandes aufzuzeigen, ist es notwendig, die Ablauforganisation sowie den Beleg- und Informationsfluss zu untersuchen.

Welche Informationen stehen heute zur Verfügung?

Da keinerlei EDV-Anbindung vorhanden ist, stellen die TPM-Tafeln³⁴ der Fertigungsabteilungen die einzige Informationsquelle für die Produktionsmitarbeiter dar. Auf den Tafeln sowie in den W.I.R.-Plänen sind sämtliche Informationen erfasst, die für die Bearbeitung notwendig sind. Dazu gehören beispielsweise Daten über die Anlage (Aufbau, Bestandteile, Inventarnummer, Kostenstelle), die Aufgabenbeschreibung und das dazugehörige Instandhaltungsintervall (schichtweise, täglich, wöchentlich etc.), in welchem die Aufgabe abzuarbeiten ist. Durch die Quittierung mit Kurzzeichen (Initialen des Mitarbeiters), kann aus den Listen ebenfalls abgelesen werden, welche Aufgaben bearbeitet wurden. War die entsprechende Anlage nicht in Betrieb, wird die Aufgabe mit „N“ quittiert, wurde die Aufgabe nicht erledigt wird sie mit einem „O“ gekennzeichnet.

Der zuständige Meister zeichnet die Wartungsprotokolle am Ende einer Woche gegen. Am Monatsende werden die jeweiligen Protokolle archiviert und gegen neue, leere ausgetauscht.

Als weiteres Informationsinstrument stehen die blauen und roten Mängelkarten zur Verfügung. Die Karten dienen in erster Linie der schichtübergreifenden Kommunikation und Kennzeichnung der festgestellten Mängel. Die roten Mängelkarten dienen gleichzeitig als Instandhaltungsauftrag für die Mitarbeiter der zentralen Werktechnik.

Wie sind diese Informationen zu bewerten?

³⁴ Siehe Kapitel 3.4

Die Informationen sind für den derzeitigen Prozess ausreichend, da alle notwendigen Daten erfasst werden. Die aufgabenrelevanten Informationen sind den W.I.R.-Plänen zu entnehmen bzw. werden durch die Bearbeiter hinzugefügt. Da sich die Auswertung einzig auf die vollständige Abarbeitung der W.I.R.-Pläne beschränkt, sind keine weiteren Informationen notwendig.

Die Mängelkarten sind ebenfalls ausreichend, um gefundene Mängel anzuzeigen und zu kommunizieren, stellen jedoch einen Medienbruch dar. Die blauen Mängelkarten werden von den Fertigungsmitarbeitern selbst im Rahmen der „TPM-Zeit“ bearbeitet. Die roten Mängelkarten hingegen müssen in elektronische Instandhaltungsaufträge überführt werden, damit die Tätigkeiten durch die Werktechnik abgerechnet und den entsprechenden Kostenverursachern zugeordnet werden können.

Ermittlung von Datengerüst und Datenqualität

Für die weitere Untersuchung sind auch das vorhandene Datengerüst und die Datenqualität von Bedeutung. Dazu gilt es, die Stamm- und Bewegungsdaten zu erfassen.

Welche Stamm- und Bewegungsdaten sind vorhanden?

Da der aktuelle Prozess weitestgehend papiergestützt abläuft, ist auch das derzeitige Datengerüst kleiner als bei einer IT-gestützten Lösung. Bedingt durch den Auftragscharakter handelt es sich hauptsächlich um Bewegungsdaten.

Betrachtet man jede TPM-Maßnahme aus den W.I.R.-Plänen als eigenen Auftrag, ergeben sich die jeweiligen Auftragsdaten aus den Informationen wie der Aufgabenbeschreibung oder der Fälligkeit. Zusätzlich stellen die roten und blauen Mängelkarten herkömmliche Instandhaltungsaufträge dar. Informiert ein Mitarbeiter die zentrale Störstelle, werden ebenfalls die Auftragsdaten erfasst. Werden elektronische Instandhaltungsaufträge generiert, entstehen zusätzliche Daten wie die Auftragsnummern oder Zuständigkeiten.

Zusätzlich zu den Auftragsdaten finden sich auch auf den TPM-Tafeln, in den W.I.R.-Plänen und den Mängelkarten immer Angaben zur jeweiligen Anlage bzw. Arbeitsfolge (AFO). Diese Anlagenbezeichnung in Form einer Inventarnummer und die entsprechende Kostenstelle gehören zu den Stammdaten.

Die Qualität der Daten ist für den derzeitigen Anwendungsfall ausreichend, da hauptsächlich Minimaldaten (Kurzzeichen, Anlagendaten, Fristen etc.) verarbeitet werden. Lediglich bei den Tätigkeitsbeschreibungen der TPM-Aufgaben und bei den Schadensbeschreibungen auf den Mängelkarten müssen Abstriche gemacht werden. Zum einen bieten die W.I.R.-Pläne keinen Platz für ausführliche Maßnahmenbeschreibungen (diese müssen gesondert nachgeschlagen werden), zum anderen sind sie nach einer gewissen Zeit überflüssig, da die Fertigungsmitarbeiter dann wissen, was bei den jeweiligen Aufgaben zu erledigen ist.

Die Qualität der Störungsbeschreibungen auf den Mängelkarten unterscheidet sich von Fall zu Fall, da jeder Mitarbeiter unterschiedliche Vorstellungen von einer ausreichenden Beschreibung hat. Bekannte Schwachstellen benötigen beispielsweise weniger Beschreibungsdetails als zufällig bemerkte Defekte an kaum sichtbaren Baugruppen im Inneren einer Anlage. Zusätzlich stellt die Sprache ein Problem dar, wenn der Mitarbeiter das entsprechende Bauteil falsch oder gar nicht benennen kann. Dies macht es für den nächsten Bearbeiter schwierig, den Mangel zu identifizieren und abzustellen.

Dokumentation der Problemzonen und Schwachstellen

Abschließend werden die Mängel der vorhergehenden Phasen dokumentiert. Dabei handelt es sich um eine Zusammenfassung der festgestellten Mängel bei der eigentlichen Erfüllung der Instandhaltungsaufgaben und um Mängel im Zusammenhang mit dem dabei notwendigen Informationsfluss.

Instandhaltungsaufgabe:

- Es findet keine Priorisierung der offenen Aufgaben statt.
- Die Fertigungsmitarbeiter haben zu viele Entscheidungsfreiheiten bei der Auswahl und der Reihenfolge der Aufgabenbearbeitung.
- Fehlende Berechtigungen oder Qualifikationen können (wissentlich und unwissentlich) „übergangen“ werden.
- Je nach Qualifikation ist die Wahrnehmung der Zuständigkeit (rote und blaue Mängelkarten) unterschiedlich.
- Es gibt keine Möglichkeit, begonnene Aufträge zu unterbrechen.
- Es ist nicht ersichtlich, ob Aufgaben bereits in Bearbeitung sind, bis sie quittiert werden.

Informationsfluss:

- Bei den roten Mängelkarten findet ein Medienbruch statt, da die Karten zusätzlich in elektronischer Form als Instandhaltungsauftrag erfasst werden müssen.
- Werden Aufgaben nicht erledigt, gibt es darüber weder zeitnahe Informationen noch unmittelbare Konsequenzen.
- Da die W.I.R.-Pläne und Mängelkarten nicht ausgewertet werden, können keine Rückschlüsse aus den vorhandenen Daten gezogen werden.
- Die realen Stillstandzeiten während der TPM-Maßnahmen werden nicht erfasst.
- Die Aufgabenbeschreibungen sind nicht mit Zusatzinformationen (z. B. aus EMU] „verknüpft“.

Datenqualität:

- Die Aufgabenbeschreibung in den W.I.R.-Plänen kann ggf. zu kurz sein.
- Die Informationen auf den Mängelkarten können zu kurz bzw. zu kryptisch sein, um von anderen Mitarbeitern verstanden zu werden.
- Die W.I.R.-Pläne sind nicht „fälschungssicher“, da fehlende Eintragungen im Nachhinein ergänzt bzw. falsche Kurzzeichen eingetragen werden können.

4 Ordnungsrahmen für die autonome Instandhaltung

Bei der Ist-Betrachtung in Kapitel 3 zeigen sich bereits erste Hürden für die Umsetzung einer IT-gestützten Lösung. Die VW AG orientiert sich bei der Umsetzung des TPM-Konzeptes an der TPM-Literatur (vgl. Abschnitt 3.3.1), aber bereits die W.I.R.-Tätigkeiten spiegeln nicht den Umfang der Instandhaltung wider. Das Akronym „W.I.R.“ hat vielmehr eine psychologische Wirkung auf das Fertigungsteam, als dass es den Arbeitsumfang abbildet. Es soll lediglich das „Wirkgefühl“ der Gruppe ansprechen.³⁵ Mit der DIN 31051 als Grundlage müsste eigentlich von W.I.I.-Plänen (Wartung, Inspektion, Instandsetzung) gesprochen werden. Auch die Inhalte der realen Wartungsprotokolle sehen mehr Tätigkeiten vor, als das „W.I.R.“-Akronym vermuten lässt.

Da die verschiedenen Bereiche der Fertigung untereinander stark differieren, unterscheiden sich auch die Arbeitsumfänge der autonomen Instandhaltung. Es kann somit keine einheitlichen Wartungspläne geben, die in der Lage wären, alle Bereiche gleichermaßen abzudecken.

4.1 Lösungsansatz für Probleme aus IST-Analyse

Um die Mitarbeiter sinnvoll durch IT zu unterstützen, müssen sämtliche Dimensionen der autonomen Instandhaltung durch ein System abgebildet werden können. Die Lösung darf jedoch nicht nur eine reine Transformation einer papiergestützten in eine IT-gestützte Lösung sein. Ein System, bei dem alle Prozesse unverändert bleiben und nur das „Transportmedium“ geändert wird, bietet keinen echten Vorteil. Betrachtet man jedoch die Analysemöglichkeiten, die aus einer detaillierten Datenerfassung entstehen, kann durch das IT-System ein Mehrwert geschaffen werden. Mit der Auswertung der gewonnenen Daten eröffnen sich zudem neue Möglichkeiten der Einflussnahme auf den Instandhaltungsprozess. Dies evoziert auch Auswirkungen auf den Wertschöpfungsprozess, da durch bessere Instandhaltung effizienter gefertigt werden kann.

Als Grundlage eine IT-gestützte Lösung soll MAXIMO genutzt werden. Daher ist die Betrachtung der MAXIMO-internen Umsetzung der Instandhaltungsaufträge nötig. Das auftragsbasierte System unterscheidet für die Instandhaltung drei verschiedene Auftragsarten, die auf unterschiedliche Weise vom System behandelt werden.

- Ungeplante Instandhaltung
 - Diese Auftragsart wird für nicht vorhersehbare Störungen im Betriebsablauf genutzt. Die schnelle Störungsbehebung ist das Ziel.
- Geplante Instandhaltung
 - MAXIMO versteht unter geplanter Instandhaltung einmalige oder nicht regelmäßig wiederkehrende Instandhaltungstätigkeiten, deren Ressourcen im Vorfeld geplant werden. Diese Auftragsart wird in erster Linie für Verbesserungen (z. B.

³⁵ Aus Sicht der Mitarbeiter: „Tätigkeiten, die WIR ausführen müssen.“

Aufrüstung einer Anlage) und zur Behebung von Störungen genutzt, die nicht direkt den Betriebsablauf beeinflussen (z. B. Instandsetzung eines defekten Personenaufzugs).

- Vorbeugende Instandhaltung
 - MAXIMO unterscheidet zwischen Wartungs- und Inspektionsaufträgen. Unter Wartung fallen sämtliche wiederkehrenden Instandhaltungstätigkeiten (z. B. Austausch von Verschleißteilen, Schmieren von Lagern etc.). Als Inspektionsaufträge werden unregelmäßige Tätigkeiten erfasst, die der Untersuchung eines Objektes dienen, ohne dass dabei zwangsläufig Instandhaltungstätigkeiten vorgenommen werden. MAXIMO unterscheidet zwar beide Auftragsarten, sie werden aber über dieselbe Anwendung geplant und angelegt.

Aus diesen drei Auftragsarten werden die Instandhaltungsaufträge generiert. Bei der geplanten und ungeplanten Instandhaltung werden diese manuell erzeugt. Für Wartungen und Inspektionen können vom System auch automatisch Instandhaltungsaufträge erstellt werden. In diesem Fall überwacht die Systemlogik die zeitliche Fälligkeit der Wartungsaufträge und/oder fortlaufende Zählerstände³⁶ und löst die entsprechenden Aufträge aus.

Die Tabelle 4-1 zeigt die internen Auftragsarten innerhalb MAXIMOs.

Auftragsart	Bezeichnung in MAXIMO	Auftragsbeschreibung
ungeplant	REP	Störungsbedingte Aufträge
geplant	VERB	Auftrag zur Verbesserungen von Anlagen
	PRUEF	Prüfungen von Bauteilen (z. B. durch TÜV)
vorbeugend	WART	Vorbeugende Wartungsaufträge
	INSP	Vorbeugende Inspektionsaufträge

Tabelle 4-1: MAXIMO-Auftragsarten der Instandhaltung

Diese Auftragsstruktur richtet sich hauptsächlich an die Instandhaltungsabteilung und die angrenzenden Querschnittsfunktionen (z. B. Materialhaltung). Zusätzlich wird sie auch von anderen MAXIMO-Anwendungen genutzt, z. B. bei der Auftragsrückmeldung. Es ist daher nicht möglich, die Auftragsstruktur zu verändern, ohne dass dadurch weitreichende Änderungen in anderen Modulen nötig werden würden. An dieser Stelle wird deutlich, dass die vorhandenen Auftragsstypen zur Abbildung der autonomen Instandhaltung ungeeignet sind. Daher ist eine spezifizierte Auftragsunterteilung notwendig, damit sämtliche Tätigkeiten der autonomen Instandhaltung erfasst und ausgewertet werden können.

³⁶ insofern die Anlage eine Betriebsdatenerfassung unterstützt

Aufgrund der unterschiedlichen Anforderungs- und Ausbildungsprofile zwischen der Fertigung und der Instandhaltung können weder die einschlägige TPM-Literatur noch die gängige Instandhaltungsliteratur ein fundiertes Bild der Instandhaltungsmaßnahmen zeichnen, die an die Fertigungsmitarbeiter übertragen werden können. Daher ist es nötig, dass die Inhalte und Grenzen der autonomen Instandhaltung bestimmt werden. Als Lösungsansatz bietet sich ein Ordnungsrahmen an, der die enthaltenen Elemente aufzeigt und sie in einen gemeinsamen Kontext setzt.

4.2 Entwicklung des Ordnungsrahmens

Die Fachliteratur beinhaltet keine Ordnungsrahmen, welche die Instandhaltung thematisieren. Daher konnte für diese Arbeit nicht auf eine bestehende Lösung zurückgegriffen werden. Für die notwendige Konstruktion des Ordnungsrahmens wurde daher die Gliederung der Instandhaltungsmaßnahmen des Deutschen Komitee Instandhaltung e. V. (vgl. Deutsches Komitee Instandhaltung e.V. 1980, S. 8f) als Basis herangezogen. Diese Gliederung wird auch durch Warnecke aufgegriffen und unter Zuhilfenahme der DIN 3105 konkretisiert [vgl. (Warnecke 1992, S. 17ff)].

Nachfolgend werden die für die autonome Instandhaltung relevanten Bestandteile ermittelt. Das Hauptaugenmerk wird dabei auf die Tätigkeiten und Maßnahmen gelegt, die im Rahmen des TPM-Konzeptes auf die Fertigungsmitarbeiter übertragen werden können.

4.2.1 Allgemeiner Instandhaltungsprozess

Das Feld der Instandhaltung ist durch eine hohe Divergenz geprägt. Bedingt durch die Heterogenität der Instandhaltung in der Industrie, die sich aus den übergeordneten unternehmerischen Zielen und den verschiedensten durchzuführenden Instandhaltungsmaßnahmen zusammensetzt, kann es „den“ klassischen Instandhaltungsprozess nicht geben. Allein die verschiedenen Berufsgruppen, die in der Instandhaltung tätig sind und die verschiedenen Bereiche, in denen sie arbeiten, machen ein solches Unterfangen aussichtslos. Zusätzlich benötigen unterschiedliche Branchen verschiedene Instandhaltungsprozesse. Zwei Branchen machen dies besonders deutlich: die Stahlindustrie, in der Hochöfen bis zu zwei Jahrzehnte im Dauerbetrieb sind und nicht einfach in Betriebspausen gewartet werden können (vgl. ThyssenKrupp AG 2014) und die Stromversorger, die für Schäden haften, die durch fehlerhafte Anlagen verursacht und über das Netz „weitergegeben“ werden (vgl. Werner 1995, S. 25).

Ein Lösungsansatz besteht darin, den Instandhaltungsprozess nur generisch zu formulieren. Der Instandhaltungsprozess besteht dann aus einem Auslöser, der Planung, einer Zuweisung der Aufgaben, der eigentlichen Durchführung der Maßnahmen und einer anschließenden Rückmeldung. Beispiele dafür finden sich in der DIN 31051 (vgl. DIN 31051, S. 5), bei Crespo Márquez (vgl. Crespo Márquez 2007, S. 25) oder Söderholm et al. (vgl. Söderholm et al. 2007, S. 23). Ein

solches generisches Szenario ist ebenfalls in der Abbildung 4-1 von Westkämper et al. (vgl. Westkämper 1999, S. 47) dargestellt.

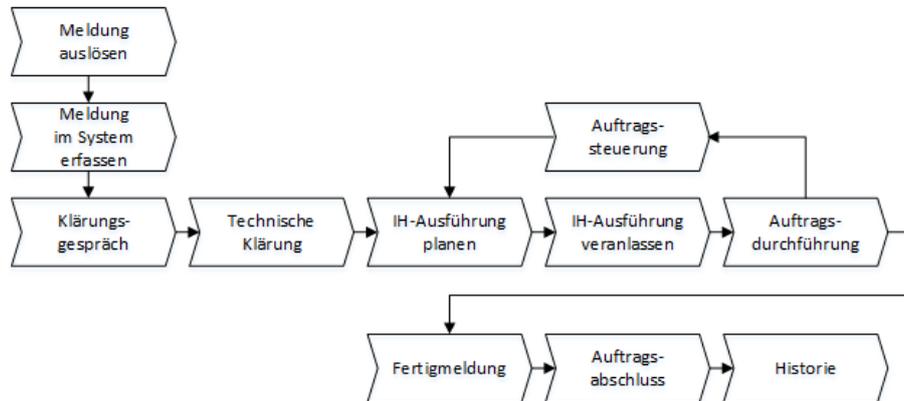


Abbildung 4-1: Instandhaltungsprozess nach Westkämper et al. (Westkämper 1999, S. 47)

Um den komplexen Prozess der Instandhaltung abbilden zu können, ist eine Aufteilung der Instandhaltung in seine einzelnen Grundmaßnahmen sinnvoll. Dies ermöglicht es, Wartung, Inspektion und Instandsetzung getrennt zu betrachten. Ferner lassen sich diese Maßnahmen in einzelne Tätigkeiten untergliedern, die nicht mehr instandhaltungsspezifisch sind, da sie auch in anderen Gebieten anfallen, wie z. B. einstellen oder reinigen (vgl. Deutsches Komitee Instandhaltung e.V. 1980, S. 6).

In den folgenden Abschnitten wird versucht, einen Lösungsansatz vorzustellen, der weniger generisch ist, aber gleichzeitig eine gewisse allgemeine Gültigkeit besitzt.

4.2.2 Auslöser für Instandhaltung

Instandhaltungstätigkeiten können auf verschiedene Weisen ausgelöst werden. Grundsätzlich können im TPM-Umfeld zwei Formen unterschieden werden: der klassische Instandhaltungsauftrag, wie er auch in Unternehmen zum Einsatz kommt, die kein TPM einsetzen, und das TPM-spezifische „5 S“-Programm. Für die Ausführung ist es dabei unerheblich, auf welche Weise eine Instandhaltungstätigkeit ausgelöst wird.

Instandhaltungsauftrag

Ein Instandhaltungsauftrag veranlasst eine Organisationseinheit mit der Durchführung einer Instandhaltungsmaßnahme. Darüber hinaus dient er als Informationsträger zur Weitergabe und Verarbeitung erforderlicher, auftragsrelevanter Daten. Dazu gehören Informationen wie die betreffende Anlage, eine Auftragsnummer und eine Beschreibung der Tätigkeit, aber auch Kostenstelleninformationen zur internen Verrechnung der erbrachten Instandhaltungsleistung (vgl. Pawellek 2013, S. 177). Ferner ist der Instandhaltungsauftrag nötig, um Materialentnahmen für benötigte Ersatzteile den entsprechenden Anlagen zurechnen zu können. Zusätzlich dient der

Instandhaltungsauftrag im Rahmen der Auftragsrückmeldung der Dokumentation, z. B. als Nachweis für TÜV-relevante Instandhaltungen, aber auch zur Instandhaltungsanalyse, um Schadensintervalle und -häufigkeiten, die angefallenen Kosten sowie Stillstands- und Instandhaltungszeiten zu bewerten. Die erfassten material- und kostenspezifischen Daten bilden gleichzeitig die Datengrundlage für andere Unternehmensbereiche wie Controlling, Materialwirtschaft und Lohnbuchhaltung (vgl. Westkämper 1999, S. 82).

In der Praxis sind verschiedene Arten von Instandhaltungsaufträgen üblich, die zugrunde liegende Instandhaltungsstrategie bestimmt, in welcher Form die Aufträge generiert werden. Die Bandbreite reicht von zentral bereitliegenden Wartungslisten in Papierform (siehe Anhang Wartungsplan), die an einem zentralen Ort bereitstehen, über TPM-Anhänger bis hin zu digitalen Formen mittels IT-System (vgl. Westkämper 1999, S. 81).

Dem Wesen der Instandhaltung entsprechend existieren sowohl vorbeugende Aufträge für routinemäßige Aufgaben, die im Vorfeld einer Maßnahme generiert werden, als auch schadensbedingte Instandhaltungsaufträge, die erst nach Eintritt einer Störung erzeugt werden. Der Großteil der autonomen Instandhaltung besteht jedoch aus vorgeplanten Aufgaben; deren Planbarkeit vorausgesetzt sind sie in Instandhaltungsplänen festgehalten.

5 S-Programm

Im Rahmen der TPM-Grundlagen in Kapitel 2.2.5 wurde bereits das „5 S“-Programm vorgestellt. Die Tätigkeiten „Seiri“ (Sortieren des Arbeitsplatzes), „Seiton“ (Systematisieren) und „Seiso“ (Sauberkeit des Arbeitsplatzes) können direkt in Instandhaltungsmaßnahmen umgesetzt werden. Sie haben somit einen aktiven Charakter, ohne durch einen direkten Instandhaltungsauftrag initiiert worden zu sein. Daraus ergibt sich zum einen der Vorteil, dass für diese Aktivitäten nicht explizit Aufträge generiert werden müssen, birgt aber auch das Risiko, dass diese nicht ausgeführt werden, wenn sich die Mitarbeiter nicht mit diesem Konzept identifizieren können.

Bedingt durch ihre Bedeutung zielen alle drei Tätigkeiten in erster Linie auf Reinigungs- und Ordnungstätigkeiten ab, tragen aber auch indirekt dazu bei, dass andere Maßnahmen „nebenbei“ erledigt werden. So führt ein Mitarbeiter bei der Reinigung unbewusst auch eine visuelle Inspektion und eine Leckageortung aus, ohne dass dafür ein Instandhaltungsauftrag nötig ist. Die eigentliche Reinigungstätigkeit hat somit weitere Maßnahmen wie die visuelle Inspektion zur Folge. Eine Instandhaltungstätigkeit führt also in der Regel zu weiteren Instandhaltungstätigkeiten (vgl. Deutsches Komitee Instandhaltung e.V. 1980, S. 6).

Weitere auslösende Faktoren

Intervallabhängige Instandhaltung:

Intervalle, die wiederkehrende Instandhaltungsaufträge einleiten, lassen sich in Zeit- und Parameterintervalle einteilen. Wird die Zeit als Kriterium herangezogen, werden die Instandhaltungsaufträge nach festgelegten kalendarischen Intervallen ausgelöst. Die möglichen Zeitintervalle können je nach Anwendungsfall variieren; während intensiv beanspruchte Bauteile oder Anlagen teils schichtweise durch Instandhaltungsaktivitäten betroffen sind, benötigen andere Baugruppen nur jährliche Kontrollen. Da die Zeitintervalle keine zusätzlichen Daten benötigen, stellen sie die Grundmethode zur Terminierung von Instandhaltungsmaßnahmen dar. Diese Methode lässt sich auch anwenden, wenn eine Betriebsdatenerfassung fehlt oder deren Daten nicht genutzt oder ausgewertet werden können.³⁷

Das Gegenstück zu den Zeitintervallen bilden die Parameterintervalle. Grundvoraussetzung für deren Nutzung ist die Betriebsdatenerfassung der Anlage, denn nur wenn relevante Parameter erfasst und verarbeitet werden können, sind diese auch als Auslöser für Instandhaltungsaufträge nutzbar. Übliche Parameter sind die Betriebszeit, die Ausbringungsmenge oder quantitativ erfasste Daten wie beispielsweise die Anzahl der Hübe einer Presse. Neben der Erfassbarkeit spielt auch die Intervalleignung eine Rolle, da nicht jeder Parameter geeignet ist, um ein Intervall zu beschreiben.³⁸

Zustandsabhängige Instandhaltung:

Instandhaltungsmaßnahmen, die nicht durch Intervalle ausgelöst werden, werden in Abhängigkeit vom Zustand des Bauteils oder der Anlage ausgeführt. Diese Maßnahmen können in zustandsabhängige und schadensbedingte Aktivitäten unterschieden werden.

Die zustandsabhängigen Tätigkeiten sind charakterisiert durch eine vorangegangene, präventive Überprüfung (Inspektion). Wird ein Ist-Zustand festgestellt, der sich nicht im Toleranzbereich der vorgegebenen Soll-Werte befindet, wird eine entsprechende Instandsetzungsmaßnahme eingeleitet. Befindet sich der festgestellte Zustand noch im Rahmen der Toleranzen, können Wartungsmaßnahmen eingeleitet werden, um eine drohende Störung bereits im Vorfeld zu vermeiden bzw. hinauszuzögern.

Die Inspektionstätigkeiten können sowohl eine eigenständige Instandhaltungsmaßnahme sein als auch automatisiert durch Sensoren erfolgen (z. B. automatischen Sicherungsmaßnahmen bei einer drohenden Überhitzung). Werden die Instandhaltungsmaßnahmen kurativ eingesetzt,

³⁷ z. B. wegen fehlender Schnittstellen zur Instandhaltungssoftware oder fehlender Auswertung innerhalb der Software

³⁸ Die Temperatur gehört zwar zu den Betriebsdaten, ist aber für ein Intervall nicht zweckmäßig, da ein Über- oder Unterschreiten eher einen kritischen Zustand beschreibt und den zustandsabhängigen Auslösern zuzurechnen ist.

spricht man von störungsbedingten Maßnahmen. Dies ist der Fall, wenn bei einer Inspektion festgestellt wurde, dass die Abnutzungsgrenze schon (unbemerkt) unterschritten wurde oder bereits ein Störereignis eingetreten ist. Im Allgemeinen werden die zustandsabhängigen Maßnahmen erst durch den Eintritt einer Unregelmäßigkeit ausgelöst, können aber nach Art und Umfang schon vorbereitet sein.

Nicht nur die intervallabhängigen, sondern auch die zustandsabhängigen Instandhaltungsmaßnahmen bedürfen einer vorherigen Planung. Die Instandhaltungsabteilung legt dazu mithilfe des Herstellers oder auf Grundlage von dessen Vorgaben Soll-Werte fest. Ebenso werden die Intervalle definiert oder infolge von Erfahrungswerten angepasst. Entscheidend für die Spezifikation dieser Werte ist die genutzte Instandhaltungsstrategie, also ob vorbeugend oder schadensbedingt agiert wird, und inwiefern es sich um eine kritische Engpassanlage handelt.

5 S-Programm:

Weil sich dieses Konzept mit der inneren Einstellung der Mitarbeiter befasst, lässt sich die Einteilung in intervall- und zustandsabhängige Maßnahmen nicht vornehmen. Es kann aber argumentiert werden, dass der Mitarbeiter am Zustand der Anlage oder seines Arbeitsplatzes erkennt, dass eine Maßnahme im Sinne des „5 S“-Programms notwendig ist.

4.2.3 Instandhaltungstätigkeiten

Um für ein möglichst breites Spektrum Aussagen treffen zu können, beschränkt sich die TPM-Literatur auf generelle Beschreibungen zur Einführung der autonomen Instandhaltung. Eine Untersuchung der Arbeitsumfänge aus Sicht der Fertigungsmitarbeiter ist daher wenig zielführend. Aus diesem Grund wurde die Untersuchung auf die allgemeine Instandhaltung, wie sie durch die DIN 31051 definiert wurde [vgl. Kapitel 2.1.3], ausgeweitet. Die dort vorgestellten Instandhaltungsmaßnahmen Wartung, Inspektion und Instandsetzung werden in den folgenden Abschnitten detaillierter betrachtet.

Instandhaltungstätigkeiten in der Literatur

In der einschlägigen Instandhaltungsliteratur³⁹ findet sich eine Vielzahl an Tätigkeiten, die im Zuge einer Instandhaltung ausgeführt werden. Die Tabelle 4-2 listet eine Auswahl der Tätigkeiten auf.

³⁹ Vgl. Rötzel 2001, Krüger 1995, Jacobi 1992, Strunz 2012, Eichler 1984, Jagodejkin 1997

Ordnungsrahmen für die autonome Instandhaltung

Wartung	Inspektion	Instandsetzung
<ul style="list-style-type: none"> • Reinigen • Konservieren • Schmieren • Ergänzen, Nachfüllen • Auswechseln • Einstellen, Justieren • Filterpflege • Abstellen 	<ul style="list-style-type: none"> • Diagnose • Auswertung und Dokumentation • Zustandsüberwachung • Zustandsbewertung 	<ul style="list-style-type: none"> • Ausbessern • Austauschen • Nacharbeit • Verbesserung <p>Im Rahmen einer:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Minimalinstandsetzung • Teilinstandsetzung • Grundüberholung • Austauschinstandsetzung

Tabelle 4-2: Instandhaltungstätigkeiten in der Literatur

Entsprechend der ausgewählten Literatur und in Anlehnung an die DIN 31051 entstand eine erste Vorauswahl von Instandhaltungsaktivitäten. Die folgende Tabelle listet diese mit ihrer Zugehörigkeit auf:

Zugehörigkeit	Tätigkeiten	Beschreibung
Wartung	Reinigung	allgemeine Reinigungsverfahren, Arbeitsplatz-Ordnung, Befreien von liegengebliebenen Teilen oder Werkstücken, Filterpflege
	Schmierung	Entfernung von Schmierstoffrückständen, Auswahl des richtigen Schmierstoffes, Entsorgung von alten Schmierstoffen
	Konservierung	sonstige Maßnahmen, die den Ist-Zustand einer Betrachtungseinheit erhalten sollen
	Austausch von Kleinteilen, Ergänzen	Austausch von Verschleiß- und Kleinteilen, Ergänzen (und Entsorgung) von Hilfs- und Betriebsstoffen
	Einstellen, Justieren oder Kalibrieren	Ein- und Nachstellen von Mess- und Regelungseinrichtungen, Korrektur von Parametern, wenn die Fertigungsergebnisse nicht dem Sollergebnis entsprechen
Inspektion	Visuelle Inspektion	Außen-Sicht-Prüfung im Sinne einer Oberflächendiagnostik, Kontrolle auf festen Sitz von Bauteilen und Bauteilverbindungen
	Leckageortung	sämtliche Maßnahmen der Dichtheitsprüfung sowohl visuell und akustisch als auch automatisiert durch Messeinrichtungen
	Zustandsüberwachung	Überwachung und Abgleich sämtlicher Parameter mit den Soll-Werten
	Funktionsprüfung	Überprüfung des geforderten Funktionsumfangs
Instandsetzung	Befestigen	Befestigung von losen Bauteilen oder Bauteilverbindungen
	Gangbar machen	Wiederherstellung des Bewegungsumfangs festsitzender oder schwergängiger, beweglicher Teile
	Instandsetzung durch Nacharbeit	Bauteil wird durch Bearbeitung in den Sollzustand zurückversetzt (z. B. Entgraten)
	Instandsetzung mittels Ersatz durch ein gleiches Teil	Bauteil wird durch ein neues oder aufgearbeitetes Teil ersetzt
	Instandsetzung mittels Ersatz durch ein anderes Teil	Bauteil wird durch ein verbessertes Teil ersetzt (z. B. verbesserte Materialqualität oder andere Dimensionierung)

Tabelle 4-3: Wartungs-, Inspektions- und Instandsetzungstätigkeiten aus der Literatur

Instandhaltungstätigkeiten in der Praxis

Eine Evaluierung dieser 14 Tätigkeitsgruppen erfolgte unter Zuhilfenahme realer TPM-Wartungsprotokolle.⁴⁰ Dabei wurden die einzelnen zu protokollierenden Tätigkeiten den Aktivitäten aus der Tabelle 4-3 zugeordnet und quantitativ erfasst.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung werden nachfolgend in der Tabelle 4-4 aufgelistet.

Zugehörigkeit	Tätigkeit	Hilfsrahmen	Stoßdämpfer	Σ
Wartung	Reinigung	68	122	190
	Schmierung	14	0	14
	Konservierung	1	0	1
	Austausch von Kleinteilen, Ergänzen	14	38	52
	Einstellen, Justieren oder Kalibrieren	5	7	12
Inspektion	Visuelle Inspektion	42	80	122
	Leckageortung	18	3	21
	Zustandsüberwachung	20	3	23
	Funktionsprüfung	23	23	46
Instandsetzung	Befestigen	0	0	0
	Gangbar machen	4	0	4
	Instandsetzung durch Nacharbeit	0	0	0
	Instandsetzung durch ein gleiches Teil	10	36	46
	Instandsetzung durch ein anderes Teil	10	36	46
		229	348	577

Tabelle 4-4: Häufigkeit der Instandhaltungstätigkeiten

Die Untersuchung machte deutlich, dass die allgemeinen Tätigkeiten, wie sie in der Instandhaltungsliteratur beschrieben werden, nur bedingt in der fertigungsnahen Instandhaltung wiederzufinden sind. Bei den beiden betrachteten Anlagen finden sich einige Aktivitäten gar nicht (z. B. „Instandsetzung durch Nacharbeit“ oder „Instandsetzung durch ein anderes Teil“) beziehungsweise können nicht explizit getrennt betrachtet werden (z. B. „Instandsetzung durch ein gleiches Teil“ und „Instandsetzung durch ein anderes Teil“). Auf Grundlage dieser Resultate ergeben sich folgende Änderungen:

- Die Tätigkeiten Schmieren und Konservieren wurden zusammengefasst.
- Die Instandhaltungsliteratur wertet den Austausch von Klein- und Verschleißteilen zwar als Wartungsarbeiten, die von der Fertigung übernommen werden können, im Sinne der

⁴⁰ Hersteller und Fertigung sprechen grundsätzlich von „Wartung“, obwohl die Pläne den Wartungsumfang – im Wortgebrauch dieser Arbeit (und der DIN 31051) – bei Weitem übersteigen. Im weiteren Verlauf wird daher der Begriff „Wartungsplan“ synonym zu „Instandhaltungsplan“ verwendet.

Ordnungsrahmen für die autonome Instandhaltung

Definition aus der DIN 31051⁴¹ handelt es sich jedoch um eine Instandsetzung und sie werden daher den Instandsetzungstätigkeiten zugeordnet.

- Das Ergänzen von Hilfs- und Betriebsstoffen wurde um den vollständigen Austausch erweitert (z. B. kompletter Austausch des Inhalts eines Tauchbeckens).
- Die Tätigkeiten Befestigen, Gangbar machen und Nacharbeit wurden unter der Tätigkeitsgruppe „Instandsetzung durch Nacharbeit“ zusammengefasst. Darunter fallen auch Tätigkeiten, die den Ausbau von Teilen nötig machen (z. B. Reinigung, die den Ausbau des Bauteils erforderlich macht) sowie eine vorläufige (Not-)Instandsetzung.
- Die Instandsetzungstätigkeiten mittels Ersatzteil wurden zusammengefasst, da eine Unterscheidung durch einfache Wartungspläne nicht zu erfassen ist.

Entsprechend der Darstellung der Tabelle 4-3 (Tätigkeiten aus Literatur) führen die Änderungen zu den nachfolgenden Instandhaltungstätigkeiten:

⁴¹ DIN31051, 4.1.4 Instandsetzung: „[...] Maßnahme [...] um die Funktion einer fehlerhaften Einheit wiederherzustellen“ [vgl. DIN 31051, S. 6]

Zugehörigkeit	Tätigkeiten	Beschreibung
Wartung	Reinigung & Ordnung	allgemeine Reinigungsverfahren, Arbeitsplatz-Ordnung, Befreien von liegengelassenen Teilen oder Werkstücken, Filterpflege
	Schmierung & Konservierung	Sämtliche Schmier- und Konservierungstätigkeiten inklusive Vorarbeiten und Entsorgung
	Ergänzen & Auswechseln	Nach- und Auffüllen sowie der vollständige Ersatz von Hilfs- und Betriebsstoffen inklusive der dabei anfallende Tätigkeiten
	Einstellen, Justieren oder Kalibrieren	Ein- und Nachstellen von Mess- und Regelungseinrichtungen, Korrektur von Parametern, wenn die Fertigungsergebnisse nicht dem Sollergebnis entsprechen
Inspektion	Visuelle Inspektion	Außen-Sicht-Prüfung im Sinne einer Oberflächendiagnostik, Kontrolle auf festen Sitz von Bauteilen und Bauteilverbindungen
	Leckageortung	sämtliche Maßnahmen der Dichtheitsprüfung sowohl visuell und akustisch als auch automatisiert durch Messeinrichtungen
	Zustandsüberwachung	Überwachung und Abgleich sämtlicher Parameter mit den Soll-Werten
	Funktionsprüfung	Überprüfung des geforderten Funktionsumfangs
Instandsetzung	Austausch von Kleinteilen	Austausch von Verschleiß- und Kleinteilen
	Instandsetzung durch Nacharbeit	Sämtliche Tätigkeiten, die ein Bauteil in den Sollzustand zurückversetzen, einschließlich vorläufiger Ausbesserungen (z. B. nach einem Störfall)
	Instandsetzung mittels Ersatz	Bauteil wird durch ein neues oder aufgearbeitetes Teil ersetzt

Tabelle 4-5: Überarbeitete Instandhaltungstätigkeiten

Diese überarbeiteten Tätigkeiten bilden die weitere Grundlage für den zu entwickelnden Ordnungsrahmen. Die vorgenommenen Änderungen orientieren sich zwar an den untersuchten Wartungsplänen, weichen aber aufgrund der gewählten Herangehensweise nicht signifikant von den allgemeinen Instandhaltungstätigkeiten ab, wie sie in der Literatur beschrieben werden. Dadurch wird gewährleistet, dass der Ordnungsrahmen für möglichst heterogene Fertigungsbereiche nutzbar ist. Der Anspruch an ein hinreichend hohes Abstraktionsniveau, um eine gewisse Allgemeingültigkeit zu erzielen, kann somit erfüllt werden.

Die vorgestellte Instandhaltungsliteratur (siehe Fußnote 39) ist sich über den Umfang der Inspektion uneinig. Einige Autoren rechnen die Diagnose der Inspektion zu (vgl. Jagodejkin 1997,

S. 50), während andere Autoren sämtliche Maßnahmen, die im Rahmen der Wartung und Instandsetzung zur Befundaufnahme und Diagnose dienen, nicht dazu zählen [vgl. Jacobi in Warnecke S22, (Deutsches Komitee Instandhaltung e.V. 1980, S. 13)]. Daher wird für diese Arbeit folgende Annahme getroffen: Da die Inspektion im weitesten Sinne eine Zustandsüberprüfung darstellt, kann diese nicht zustandsabhängig ausgelöst werden (vgl. Jacobi 1992, S. 22), (Deutsches Komitee Instandhaltung e.V. 1980, S. 8). Sie dient der Erkennung von Zustandsveränderungen und somit zur Vermeidung von Schäden. Das bedeutet, dass es sich bei der Inspektion stets um eine geplante, präventive Tätigkeit handelt, die weitere Wartungs- und Instandsetzungsmaßnahmen auslösen kann. Trotz des präventiven Charakters kann die Inspektion auch bereits eingetretene Defekte aufdecken, die bisher (noch) nicht zu Schäden geführt haben und daher unbemerkt geblieben sind.

Gliederung der Instandhaltungstätigkeiten

Die drei Instandhaltungsmaßnahmen Wartung, Inspektion und Instandsetzung lassen sich durch eine Gliederung weiter strukturieren. Das Deutsche Komitee Instandhaltung (DKIN) hat in der „Empfehlung Nr. 2 – Gliederung der Instandhaltungsmaßnahmen“ eine grundlegende Strukturierung empfohlen, die auf Erfahrungen aus der Praxis basiert (vgl. Deutsches Komitee Instandhaltung e.V. 1980, S. 2f).⁴²

In Anlehnung an diese Empfehlung wurden die folgenden Ordnungskriterien betrachtet (vgl. Deutsches Komitee Instandhaltung e.V. 1980, S. 12ff):

Im Stillstand

Hierunter fallen sämtliche Instandhaltungsmaßnahmen, bei der die Funktionserfüllung einer Betrachtungseinheit unterbrochen wurde. Dieser Stillstand kann sowohl bewusst ausgelöst worden sein, z. B. nach Schichtende, oder maßnahmenbedingt nötig werden, z. B. bei Gründen des Arbeitsschutzes. Alle unvorhergesehenen Ereignisse wie beispielsweise Störungen, die eine Instandhaltungsmaßnahme nötig machen, fallen ebenfalls in diese Kategorie.

Im Betrieb

Hierunter fallen sämtliche Instandhaltungsmaßnahmen, bei denen die Funktionserfüllung einer Betrachtungseinheit nicht beeinflusst wird.

Stetig

Als stetig werden Maßnahmen bezeichnet, die ununterbrochen stattfinden. Sie finden beispielsweise an fest verbauten Messgeräten statt, die ein permanentes Ablesen der Parameter ermögli-

⁴² [vgl. auch Jacobi 1992, S. 20ff, Matyas 1999, S. 16ff]

chen. Ebenso können Schmierstoffgeber genannt werden, die über einen gewissen Zeitraum kontinuierlich Schmierstoffe abgeben.

Diskontinuierlich

Sämtliche Aktivitäten, die nicht ununterbrochen ausgeführt werden, gehören zu den diskontinuierlichen Maßnahmen.

Automatisiert

Einzelne Instandhaltungsmaßnahmen können automatisiert erfolgen. Darunter fallen sämtliche Tätigkeiten, die maschinell oder instrumentell unterstützt werden. Diagnosesysteme ermöglichen eine automatisierte Überwachung bestimmter Parameter und können bei Abweichungen entsprechend reagieren. Automatisierte Tätigkeiten erfolgen in der Regel stetig.

Manuell

Sämtliche Maßnahmen, die nicht durch Automatisierung unterstützt werden können.

Intervallabhängig

Instandhaltungsmaßnahmen werden als intervallabhängig bezeichnet, wenn diese durch das Überschreiten bestimmter vorgegebener Intervalle ausgelöst werden. Je nach Betrachtungseinheit können kalendarische, laufzeitbasierte oder ausbringungsmengenabhängige Intervalle als Basis herangezogen werden.

Zustandsabhängig

Instandhaltungsmaßnahmen können auch durch den festgestellten Zustand ausgelöst werden. Dies beinhaltet sowohl Maßnahmen, die nach einer Inspektion, also einer Zustandsbewertung, ausgelöst werden, als auch Maßnahmen, die durch Unregelmäßigkeiten im Betriebsablauf nötig erscheinen.

Schadensbedingt

Ein Sonderfall der Zustandsabhängigen Instandhaltung ist die Schadensbedingte Instandhaltung. In diesem Fall unterschreitet der Ist-Zustand der Anlage die Abnutzungsgrenze und ein Schaden tritt ein.

Planbar

Planbare Maßnahmen fassen sämtliche Tätigkeiten zusammen, die vorgeplant werden können. Neben zeitlich geplanten gehören auch vorbereitete Maßnahmen zu dieser Kategorie. Dabei

handelt es sich beispielsweise um Aktivitäten, die bei einem Störfall ausgelöst werden. Bis auf den Eintrittszeitpunkt können dabei sämtliche Faktoren geplant und vorbereitet werden.

Nicht planbar

Das Pendant zu den planbaren Maßnahmen stellen die nicht planbaren Maßnahmen dar. Dies betrifft alle Aktivitäten die nicht vorbereitet werden können oder die durch unvorhergesehene Ereignisse ausgelöst werden.

Die Gliederungspunkte „manuell“ und „diskontinuierlich“ werden nicht näher betrachtet, da sie den „Normalfall“ darstellen und daher nicht entscheidend zur weiteren Strukturierung der Instandhaltungsmaßnahmen beitragen. Ferner werden die Kriterien „stetig“ und „automatisiert“ zusammengefasst, da stetige Maßnahmen automatisiert und automatisierte Maßnahmen stetig ausgeführt werden.

Zuordnung zu den Instandhaltungsmaßnahmen

Die vorgestellten Gliederungspunkte lassen sich den Instandhaltungsmaßnahmen folgendermaßen zuordnen:

Wartung kann

- intervall- und zustandsabhängig erfolgen,
- im Betrieb und im Stillstand erfolgen,
- stetig und automatisiert erfolgen,
- geplant und ungeplant nötig werden.

Inspektion kann

- nur intervallabhängig erfolgen,
- im Betrieb und im Stillstand erfolgen,
- stetig und automatisiert erfolgen,
- nur geplant erfolgen.

Instandsetzung kann

- intervall- und zustandsabhängig sowie schadensbedingt erfolgen,
- nur im Stillstand erfolgen,
- geplant und ungeplant nötig werden.

4.2.4 Organisatorische Grundlagen

Damit die autonome Instandhaltung umgesetzt werden kann, bedarf es einiger organisatorischer Grundlagen. Von besonderem Interesse sind dabei das TPM-Konzept, welches die autonome Instandhaltung erst möglich macht, die anzuwendende Instandhaltungsstrategie und das eingesetzte Informationssystem.

TPM

Die Grundlagen zum TPM-Konzept wurden in Kapitel 2.2 geschildert, ergänzend findet sich der reale TPM-Einsatz der VW AG in Kapitel 3.2. Dort wurde die autonome Instandhaltung durch die Fertigungsmitarbeiter bereits eingehend betrachtet. Aus diesen Abschnitten geht hervor, dass das TPM-Konzept die Basis für die autonome Instandhaltung bildet. TPM stellt gewissermaßen das Fundament bereit, auf dem die autonome Instandhaltung aufbaut.

Instandhaltungsstrategie

Neben der Entscheidung für die Einführung des TPM-Konzeptes spielt auch die Instandhaltungsstrategie eine entscheidende Rolle. Die Strategie gibt vor, wie Instandhaltungsmaßnahmen durchgeführt werden. Je nach Einsatzgebiet sind unterschiedliche Strategien sinnvoll. Sie können sowohl präventiv, also vorbeugend, als auch kurativ nach dem Schadenseintritt durchgeführt werden. Für Engpassanlagen, die nicht ausfallen dürfen, bieten sich die vorbeugenden Maßnahmen an, während bei kaum genutzten Anlagen auch schadensbedingt Maßnahmen zum Tragen kommen. Die Strategie kann aber nicht nur das grobe Vorgehen, sondern auch die Qualität der Durchführung bestimmen. So können vorläufige (Not-)Instandsetzungen dazu beitragen, dass die Produktion zügig wieder aufgenommen werden kann, aber unter einem erheblichen Ausfallrisiko weitergeführt wird. Sollen Instandsetzungen stets in vollem Umfang erfolgen, müssen unter Umständen längere Stillstandszeiten in Kauf genommen werden.

Informationssystem

Entsprechend der Instandhaltungsstrategie und der Vorgaben durch die Unternehmensleitung wird das Instandhaltungssystem gewählt. Es handelt sich dabei um ein Informationssystem im weiteren Sinne, d. h. es können sowohl papiergestützte „Systeme“ zum Einsatz kommen als auch IPS-Systeme (Instandhaltungsplanung und -steuerung) oder kombinierte EAM-Lösungen (Enterprise Asset Management), die von mehreren Unternehmensbereichen genutzt werden können.

4.3 Finaler Ordnungsrahmen

Der abschließende Abschnitt in diesem Kapitel widmet sich der Erstellung des Ordnungsrahmens für die autonome Instandhaltung. Nachdem im Abschnitt 4.2 bereits sämtliche Komponenten vorgestellt wurden, soll nachfolgend versucht werden, diese Bestandteile über einen gemeinsamen Bezugsrahmen zu strukturieren.

Die Tabelle 4-6 listet die vorgestellten Komponenten noch einmal zusammenfassend auf.

Zugehörigkeit	Komponenten
Grundlagen	<ul style="list-style-type: none"> • TPM • Instandhaltungsstrategie • Informationssystem
Auslöser	<ul style="list-style-type: none"> • Instandhaltungsauftrag • 5-S Programm
Instandhaltungsmaßnahmen	Wartung: <ul style="list-style-type: none"> • Reinigung und Ordnung • Schmierung und Konservierung • Ergänzen und Auswechseln • Einstellen, Justieren oder Kalibrieren
	Inspektion: <ul style="list-style-type: none"> • Visuelle Inspektion • Leckageortung • Zustandsüberwachung • Funktionsprüfung
	Instandsetzung: <ul style="list-style-type: none"> • Austausch von Kleinteilen • Instandsetzung durch Nacharbeit • Instandsetzung mittels Ersatz
Ordnungskriterien	<ul style="list-style-type: none"> • Im Stillstand • Im Betrieb • Stetig • Automatisiert • Intervallabhängig • Zustandsabhängig • Planbar • Nicht planbar

Tabelle 4-6: Zusammenfassung der Bestandteile des Ordnungsrahmens

4.3.1 Grundstruktur des Ordnungsrahmens

Mit den Grundlagen und den auslösenden Faktoren ist die Grundstruktur des Ordnungsrahmens geschaffen. In Anlehnung an das TPM-Haus (vgl. Abbildung 2-4), das VW-Konzern-Produktionssystem (vgl. Abbildung 3-2) und die TPM-Tafeln (vgl. Abbildung 3-4) wurde be-

wusst eine Darstellung in Form eines Hauses gewählt. Die Abbildung 4-2 zeigt die Grundstruktur des Ordnungsrahmens.

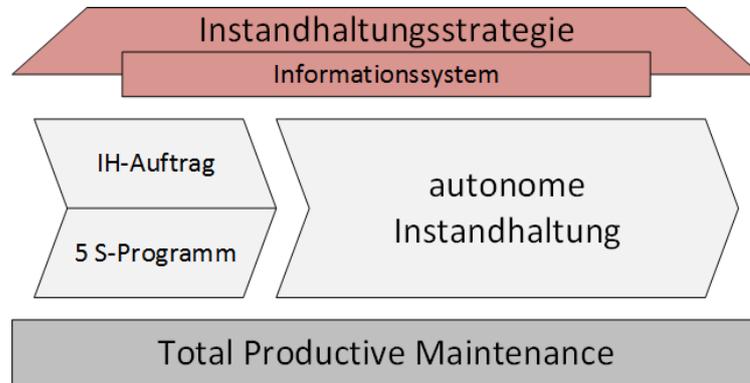


Abbildung 4-2: Grundstruktur des Ordnungsrahmens:

Die Grundlagen für den Ordnungsrahmen stellen das TPM-Konzept, die Instandhaltungsstrategie und das genutzte Informationssystem dar. Da das TPM-Konzept die Basis für den Ordnungsrahmen bildet, dient es auch im Ordnungsrahmen als „Fundament“ für die weiteren Elemente. Die Instandhaltungsstrategie steht an der Spitze. Dies verdeutlicht die Steuerungs- und Koordinationsfunktion von oben und bildet das „Dach“.

Der Kernprozess der autonomen Instandhaltung nimmt den Hauptraum der Darstellung ein, da er der eigentliche Betrachtungsgegenstand ist. Die prozessorientierte Darstellung als Wertschöpfungskettenpfeil verdeutlicht zum einen, dass es sich bei der autonomen Instandhaltung um einen eigenständigen Prozess handelt und zum anderen deutet diese Form auch darauf hin, dass die autonome Instandhaltung indirekt zur Wertschöpfung beiträgt.

Der Instandhaltungsauftrag und das 5 S-Programm wurden der autonomen Instandhaltung als Auslöser vorangestellt. Die Darstellung verdeutlicht, dass es sich dabei ebenfalls um eigenständige Prozesse handelt. Die Anordnung auf der linken Seite des Ordnungsrahmens stellt den zeitlichen und sachlogischen Zusammenhang zum Instandhaltungsprozess als Prozessinput dar.

4.3.2 Detaillierung der Elemente

Für den weiteren Aufbau des Rahmenwerks wurden die Instandhaltungsmaßnahmen aus der Tabelle 4-5 einzeln betrachtet und sukzessive um weitere Details erweitert.

Der Prozess der autonomen Instandhaltung setzt sich aus den Instandhaltungsmaßnahmen Wartung, Inspektion und Instandhaltung zusammen. Jede dieser Maßnahmen ist, für sich betrachtet, ein eigener Prozess und daher auch in Prozessform dargestellt. Die Abbildung 4-3 zeigt die autonome Instandhaltung mit seinen drei Instandhaltungsmaßnahmen.

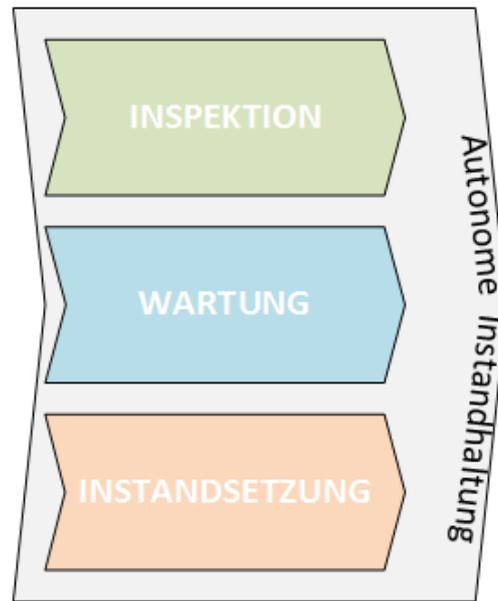


Abbildung 4-3: Prozess der autonomen Instandhaltung mit seinen Teilprozessen

Auch die drei Instandhaltungsmaßnahmen lassen sich weiter unterteilen. Die Abbildung 4-4 zeigt exemplarisch die Zuordnung der Instandhaltungstätigkeiten „Reinigen und Ordnen“, „Schmieren und Konservieren“, „Ergänzen und Auswechseln“ und „Einstellen, Justieren oder Kalibrieren“ zur Instandhaltungsmaßnahme „Wartung“.

Die Maßnahmen „Inspektion“ und „Instandsetzung“ wurden analog um ihre Teilprozesse erweitert.



Abbildung 4-4: Teilprozesse der Wartung

4.3.3 Strukturierung der Elemente

Um den Elementen des Bezugsrahmens eine Ordnung zu geben, wurden die Instandhaltungsmaßnahmen und die dazugehörigen Instandhaltungstätigkeiten strukturiert. Neben einer Säulenstruktur kam dafür auch eine Matrixstruktur zur Anwendung.

Säulenstruktur

Um die Gemeinsamkeiten zwischen den einzelnen Maßnahmen zu verdeutlichen, wurden die Ordnungskriterien herangezogen. Die Gliederung der Instandhaltungsmaßnahmen erfolgt in Säulenform, um die Gemeinsamkeiten der Maßnahmen herauszustellen. So sind beispielsweise

alle drei Instandhaltungsmaßnahmen „im Stillstand“ (der Anlage) durchführbar und entsprechend über eine Säule verbunden. Ein anderes Beispiel ist die Säule „stetig, automatisiert“ bei der deutlich wird, dass nur die Wartung und Inspektion auf diese Weise durchgeführt werden können.

Die Strukturierung über die Gliederungspunkte wird in Abbildung 4-5 veranschaulicht.

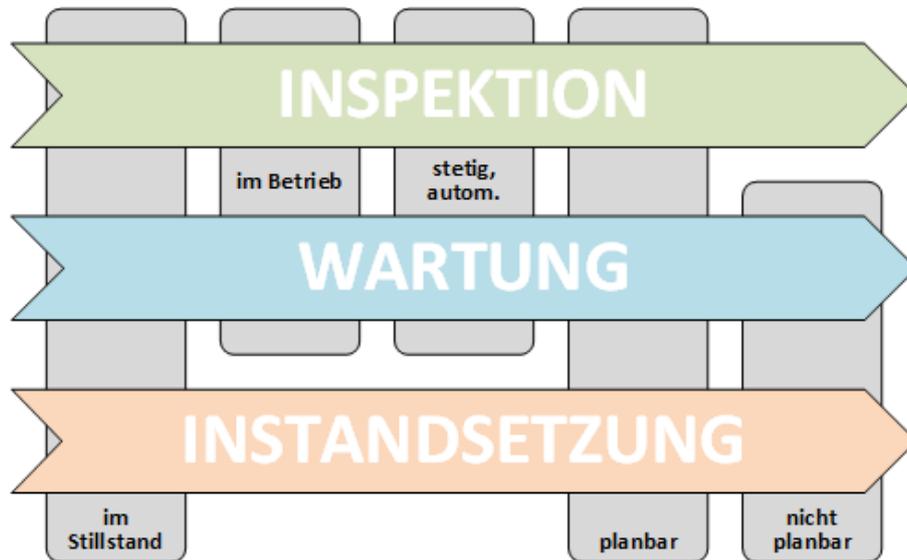


Abbildung 4-5: Gliederung der Instandhaltungsmaßnahmen

Die Anordnung der Instandhaltungsmaßnahmen bildet keine Hierarchie ab, sondern deutet einen zeitlichen Zusammenhang an, da die Inspektionsergebnisse weitere Wartungs- und Instandsetzungsmaßnahmen auslösen können. Dies stellt jedoch keine verbindliche Reihenfolge dar, da Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen auch ohne vorherige Inspektion erfolgen können. Die Anordnung der Gliederungspunkte („Säulen“) ist den jeweiligen Zugehörigkeiten geschuldet und stellt keine Reihenfolge oder Hierarchie dar. Folgende Zusammenhänge ergeben sich:

- Wartung, Inspektion und Instandhaltung können im Stillstand erfolgen.
- Wartung und Inspektion können auch während des Betriebes erfolgen, bei der Instandsetzung ist das nicht möglich.
- Bestimmte Wartungs- und Inspektionstätigkeiten können daher auch stetig bzw. automatisiert erfolgen.
- Die Inspektion ist immer eine geplante Handlung, während die Wartung und Instandsetzung sowohl geplant als auch ungeplant nötig werden können.

Wie bereits in Abschnitt 4.2.3, ergeben sich auch für die grafische Darstellung der Ordnungskriterien einige Abweichungen:

- Die Gliederungspunkte „stetig“ und „automatisiert“ wurden zu einer Säule zusammengefasst, da stetige Maßnahmen in der Regel automatisiert durchgeführt werden bzw. automatisierte Maßnahmen stetig erfolgen.
- Die Gliederungspunkte „intervallabhängig“ und „zustandsabhängig“ werden gesondert betrachtet.
- Die Gliederungspunkte „manuell“ und „diskontinuierlich“ werden nicht betrachtet.

Matrixstruktur

Die Darstellung der Teilprozesse der Instandhaltungsmaßnahmen erfolgt in Matrixform. Die Anordnung in Zeilen und Spalten verhindert, dass einzelne Instandhaltungstätigkeiten durch ihre Positionierung im Ordnungsrahmen ungewollt hervorgehoben oder durch eine einzeilige Darstellung als Reihenfolge wahrgenommen werden.

Die Abbildung 4-6 zeigt die Matrixstruktur⁴³ der Instandhaltungstätigkeiten und ihre Zugehörigkeit zu den übergeordneten Instandhaltungsmaßnahmen.

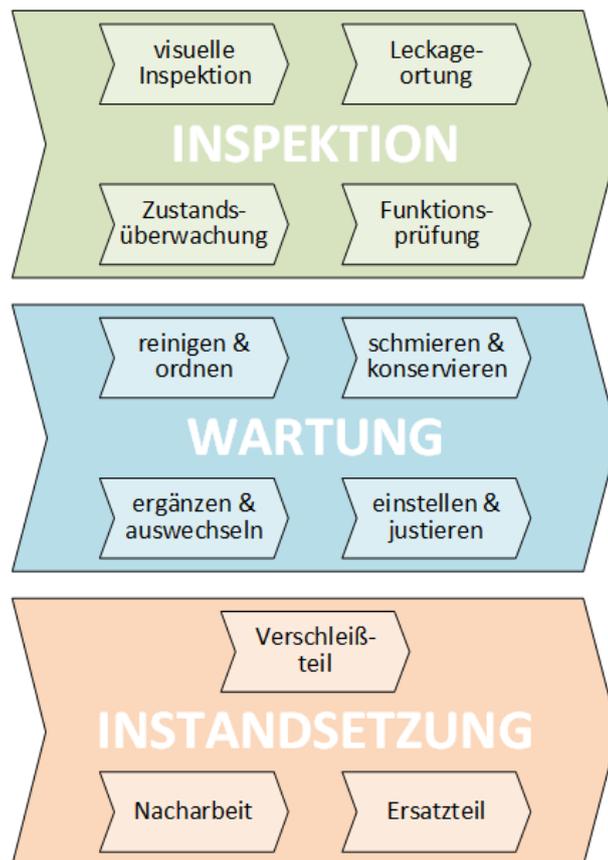


Abbildung 4-6: Matrixdarstellung der Instandhaltungstätigkeiten

Auslösende Ordnungskriterien

Wie bereits angedeutet, wurden die Gliederungspunkte „intervallabhängig“ und „zustandsabhängig“

⁴³ Da die Instandsetzung nur aus drei Instandhaltungstätigkeiten besteht, wurde die Matrixform aus optischen Gründen nicht vollständig umgesetzt.

nicht in die Säulenstruktur integriert. Gemäß Abschnitt 4.2.2 handelt es sich bei beiden Kriterien um Auslöser von Instandhaltungsmaßnahmen, die sich weiter untergliedern lassen. Bei der intervallabhängigen Instandhaltung kann zwischen Zeit- und Parameterintervallen unterschieden werden, während der Schadensfall eine Sonderform der zustandsabhängigen Instandhaltung repräsentiert.

Da die Darstellung in Säulenform dem auslösenden Charakter beider Kriterien nicht gerecht werden würde, wurden sie in die Instandhaltungsmaßnahmen integriert. Exemplarisch zeigt die Abbildung 4-7 die weitere Untergliederung der auslösenden Ordnungskriterien am Beispiel der Instandsetzung.



Abbildung 4-7: Vollständiger Instandsetzungsprozess mit Auslösern und Teilprozessen

4.3.4 Vollständiger Ordnungsrahmen für die autonome Instandhaltung

Nachdem sämtliche Elemente aus der Tabelle 4-6 grafisch aufbereitet wurden, ist der Ordnungsrahmen vollständig entwickelt. Die Abbildung 4-8 zeigt den entwickelten Ordnungsrahmen.

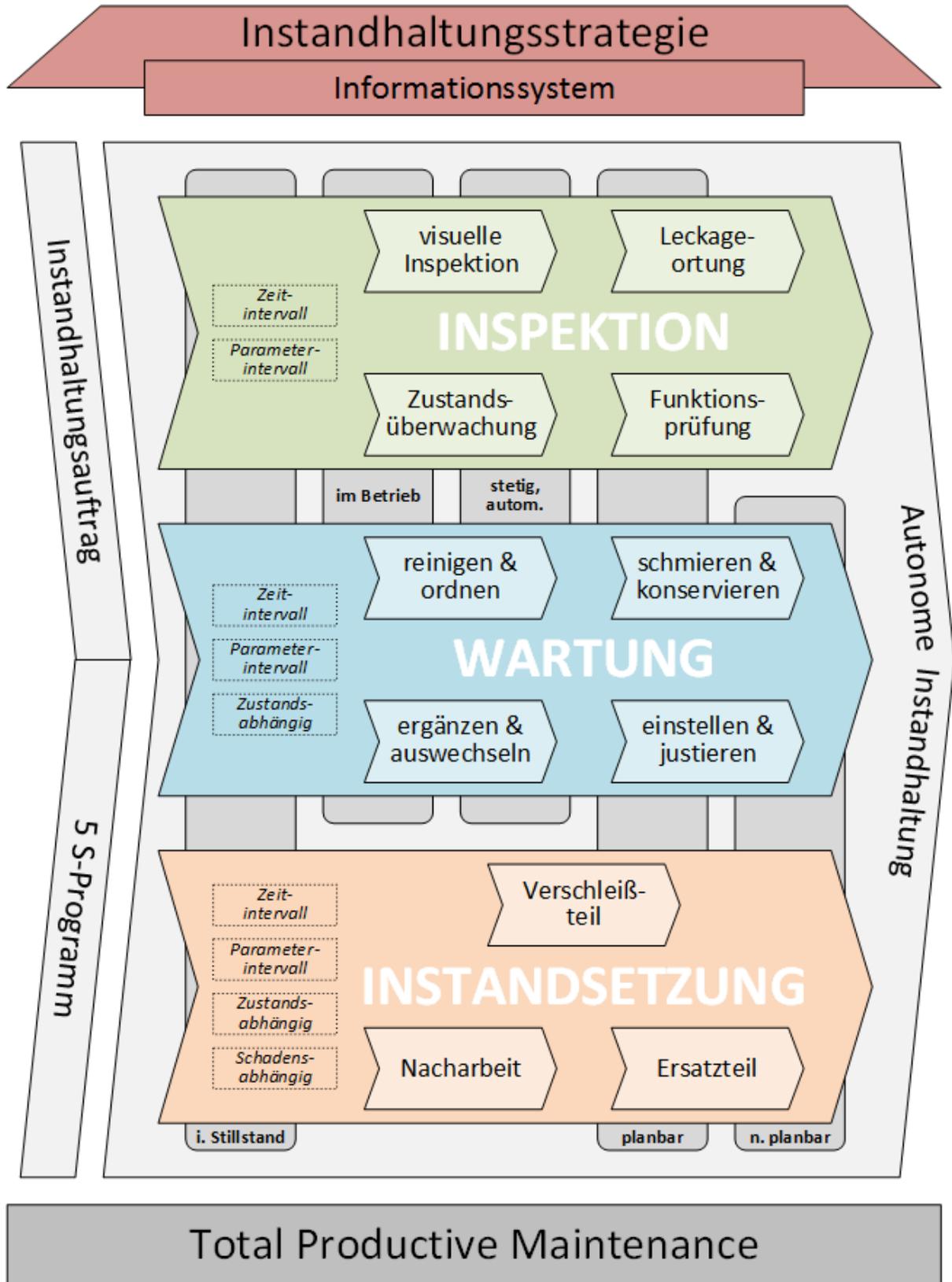


Abbildung 4-8: Ordnungsrahmen für die autonome Instandhaltung

5 Fachkonzeption eines TPM-Prototypen auf Basis von IBM MAXIMO

In Kapitel 3 wurde der Ist-Zustand der autonomen Instandhaltung durch Fertigungsmitarbeiter betrachtet. Aus den dargelegten Prozess-Schwachstellen ergeben sich die betriebswirtschaftliche Problemstellung und zugleich der Ausgangspunkt für die weitere Systementwicklung. An dieser Stelle setzt das Fachkonzept an, um mit seinen Beschreibungsmethoden die Grundlagen für eine konsistente Umsetzung in ein IT-System zu schaffen. Damit das Konzept unter Beibehaltung einer ausreichenden Formalität für die weiteren Entwicklungsschritte betriebswirtschaftlich verständlich bleibt, wird es unter Zuhilfenahme der ARIS-Modellierung beschrieben.

Um einen vollständigen Lösungsansatz für die Problemstellung dieser Arbeit vorzulegen, erfolgt neben der reinen Modellierung auch eine Betrachtung der möglichen Umsetzung aus Sicht des zugrunde liegenden EAM-Systems und ein Ausblick hinsichtlich einer etwaigen Realisierung einer IT-Lösung. Da die Grenzen der ARIS-Phasen nicht immer voneinander zu trennen sind [vgl. \{Scheer 1992 #65: 17}], lassen sich auch in dieser Arbeit die Übergänge zwischen Fach- und DV-Konzept nicht klar voneinander abheben. Der fließende Übergang ist aber für die Problemstellung nicht nachteilig, sondern erleichtert die spätere Entwicklung des DV-Konzeptes erheblich.

5.1 Beseitigung der Schwachstellen aus der IST-Erhebung durch IT-Unterstützung

Ziel der Arbeit ist die Untersuchung, ob und inwieweit der TPM-Prozess der Fertigung durch IT-Unterstützung verbessert werden kann. Allein aus der Einführung einer IT-gestützten Lösung ergeben sich bereits allgemeine Vorteile. Dazu gehören unter anderem:

- Die TPM-Aufträge können bereichsspezifisch angezeigt werden, da die Anzeige über Touch-Screen-Terminals⁴⁴ in Anlagennähe und nicht über zentrale TPM-Tafeln erfolgt.
- Die interne Systemlogik kann dafür Sorge tragen, dass die Aufträge entsprechend ihrer Fälligkeitsintervalle angezeigt werden.
- Die Datenhaltung erfolgt elektronisch und zentral. Dadurch müssen die Daten nur einmal vorgehalten werden und sind beliebig handhabbar (z. B. Einschränkung der Sichtbarkeit, Sortierung, grafische Aufbereitung etc.).

In Abschnitt 3.6.2 wurden die in der Ist-Erhebung aufgedeckten Mängel zusammengefasst. Analog zu diesen Schwachstellen, ergeben sich direkt die Vorteile einer elektronischen Lösung:

Instandhaltungsaufgabe

- a) Die Aufgaben können vom System priorisiert werden (z. B. anhand des Datums).

⁴⁴ Vorgabe gemäß Kapitel 1.4

- b) Die Priorisierung schränkt zudem die Entscheidungsfreiheiten der Mitarbeiter bzgl. der Aufgabenauswahl und Bearbeitungsreihenfolge ein.
- c) Die Mitarbeiter können über eine Anmeldung vom System identifiziert werden. Daraus ergibt sich die Möglichkeit, die Anzeige auf Aufgaben zu beschränken, die der Qualifikation des Mitarbeiters entsprechen. Eine Bearbeitung von Aufträgen, für die keine ausreichende Qualifizierung vorliegt, ist somit nicht möglich.
- d) Die Aufgaben können mit einem Status versehen werden. Bereits begonnene Aufgaben erhalten den Status „in Bearbeitung“. Durch einen „Pause“-Status kann die Bearbeitung zeitweilig unterbrochen werden.

Informationsfluss

- a) Notwendige Folgeaufträge können direkt über das IT-System ausgelöst werden. Da der Auftrag direkt an das zugrunde liegende EAM-System weitergeleitet wird, entfällt der Übertragungsaufwand und ein Medienbruch wird verhindert.
- b) Über den Auftragsstatus kann der Meister im EAM-System zeitnah nachvollziehen, welche Aufträge noch nicht erledigt wurden, und gegebenenfalls Wartungsmaßnahmen veranlassen.
- c) Durch die vom System gewonnenen Daten ergeben sich eine Vielzahl von Analysemöglichkeiten, aus denen sich instandhaltungsrelevante Schlussfolgerungen ziehen lassen (z. B. schlecht gewählte Zykluszeiten oder Fehlerhäufungen).
- d) Über das System können die Stillstandszeiten, die im Rahmen der Instandhaltungstätigkeiten angefallen sind, erfasst werden. Diese Zeiten können für weitere Analysemöglichkeiten genutzt werden (z. B. für die OEE).
- e) Die Aufträge lassen sich mit Zusatzinformationen über das entsprechende Bauteil, die anzuwendende Wartungsmethodik sowie dafür benötigtes Werkzeug oder Hilfsmittel verknüpfen.

Datenqualität

- a) Die Aufgabenbeschreibungen können über Zusatzdialoge detaillierter definiert werden als auf einer Papierliste mit begrenztem Platz.
- b) Aufgrund der Anmeldung am System ergibt sich eine gewisse Fälschungssicherheit. Da die Mitarbeiter durch eine Anmeldung identifiziert werden können, besteht keine Möglichkeit, Aufgaben mit einem fremden Kurzzeichen zu quittieren.
- c) Zusätzlich können Aufträge, die nicht fristgemäß bearbeitet wurden, registriert und aus der Anzeige entfernt werden. Das nachträgliche Abzeichnen nicht ausgeführter Maßnahmen ist dann nicht mehr möglich.

Obwohl ein IT-System viele der Schwachstellen beseitigen kann, bleiben einige mitarbeiterbezogene Probleme weiterhin bestehen. Beispielsweise kann es bei den Folgeaufträgen immer noch zu Problemen durch die unterschiedliche Wahrnehmung der Zuständigkeiten kommen. Auch unzureichende oder unverständliche Mängelbeschreibungen innerhalb der Folgeaufträge können weiterhin auftreten. Diese Probleme können aber nicht durch ein IT-System gelöst werden, vielmehr müssen sie durch organisatorische Maßnahmen (z. B. Unterweisungen) beseitigt werden.

Ein weiteres Problem könnte darin bestehen, dass Aufgaben fertiggemeldet werden können, obwohl sie nicht bearbeitet wurden. Mit der Anmeldung am System und der damit einhergehenden Identifikation der Mitarbeiter sollte dagegen aber eine ausreichend große „Hürde“ geschaffen worden sein.

5.2 IT-System „TPM-Fertigung“

Aus der Aufgabenstellung und den organisatorischen Rahmenbedingungen für diese Arbeit ergeben sich spezielle Anforderungen an eine IT-Lösung. Dazu gehört die technische Anforderung, dass die zu entwickelnde Applikation (im folgenden „TPM-Fertigung“ genannt) über vorhandene Touch-Screen-Terminals der Fertigungsbereiche bedient werden muss. Aus der großen Anwenderanzahl (ca. 3000) ergibt sich die lizenzrechtliche Anforderung, dass aus der Anwendung „TPM-Fertigung“ heraus keine anderen MAXIMO-Anwendungen bedient werden dürfen. Auch Verlinkungen in andere Auftragsanwendungen sind nicht zulässig.

Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, muss „TPM-Fertigung“ außerhalb von MAXIMO als Erweiterung realisiert werden. Dazu bietet es sich an, die VW MAXWEB Plattform zu nutzen, auf der bereits die MAXIMO-Erweiterungen „Auftragsliste“ und „Materialsuche“ realisiert wurden. „TPM-Fertigung“ unterscheidet sich von den bisherigen Entwicklungen dadurch, dass es nicht nur lesend, sondern auch schreibend auf den MAXIMO-Datenbestand zugreifen muss.

Für die Einführung der IT-Lösung „TPM-Fertigung“ bietet sich ein zweistufiges Vorgehen an. In der ersten Phase könnten die papiergestützten TPM-Prozesse durch eine Basislösung ersetzt werden. Sobald diese Lösung etabliert wurde und sich im Fertigungsumfeld behaupten konnte, schließt sich eine zweite Phase an. In diesem Stadium können Verbesserungen und erweiterte Funktionalitäten in das System aufgenommen werden. Nach Einführung der verbesserten Version bietet die IT-Lösung ihren vollen Mehrwert.

Zusammen mit den verantwortlichen Abteilungen wurde der Leistungsumfang von „TPM-Fertigung“ festgelegt. Zu den Grundfunktionalitäten gehören:

- Anzeige der Maschinen des Bereiches,
- Anzeige der offenen TPM-Aufträge für diese Maschinen,
- Rückmeldung der bearbeiteten TPM-Aufträge am System,

- Möglichkeit, einen Memo-Text und Stillstandszeiten zu hinterlegen,
- Möglichkeit, einen Folgeauftrag anzulegen,
- Möglichkeit, einen Auftrag zu unterbrechen,
- alle vorgenommenen Eintragungen speichern und in MAXIMO übertragen.

Der Arbeitskreis verständigte sich darauf, dass weitere Funktionen zu einem späteren Zeitpunkt realisiert werden können. Zu den erweiterten Funktionalitäten gehören:

- Möglichkeit, Anhänge und Zusatzinformationen bei den Aufträgen zu hinterlegen,
- automatische Anmeldung am Terminal über das Einlesen der PKI-Karte⁴⁵,
- Anzeige der Aufträge in Abhängigkeit der Qualifikation (setzt Anmeldung am System voraus),
- umfassende Datenauswertung zu Analyse Zwecken (z.T. in externen Systemen).

Eingangs dieses Kapitels wurde bereits gezeigt, wie eine IT-Lösung die Probleme der Ist-Situation beseitigen könnte. Die Tabelle 5-1 zeigt den Einfluss einer Basisversion und einer verbesserten Version auf diese Schwachstellen, indem sie die Vorteile aus Abschnitt 5.1 der jeweiligen Version der IT-Lösung zuordnet.

Untersuchte Bereiche aus der Ist-Analyse	Version	
	Basis	Verb.
Instandhaltungsaufgabe	a	X
	b	X
	c	X
	d	X
Informationsfluss	a	X
	b	X
	c	X
	d	X
	e	X
Datenqualität	a	X
	b	X
	c	X

Tabelle 5-1: Beitrag der unterschiedlichen Versionen der IT-Lösung

⁴⁵ Mitarbeiterausweis

Der vollständige Funktionsumfang von „TPM-Fertigung“ setzt sich aus den Grundfunktionen und den erweiterten Funktionen zusammen. Die Gegenüberstellung in Tabelle 5-1 macht deutlich, dass sämtliche Schwachstellen, die im Rahmen der Ist-Analyse (vgl. Kapitel 3.6.2) aufgedeckt wurden, durch die Lösung beseitigt werden könnten.

5.3 Modellierung des Soll-Prozesses gemäß ARIS

Gemäß den Vorgaben für diese Arbeit muss sich der Software-Entwicklungsprozess am ARIS-Standard orientieren. Die Unterstützung der TPM-Prozesse durch ein IT-System wurde daher aus verschiedenen Sichten betrachtet. Die anschließende Konsolidierung der Sichten führt zu einem Soll-Prozess, der die Grundlage für die weitere Fachkonzeption bildet.

5.3.1 Organisationssicht

Die ARIS-Organisationssicht betrachtet die Aufbauorganisation und Strukturierung der Aufgabenträger und ihrer Beziehungen untereinander. Die Aufgabenträger sind die Organisationseinheiten, welche die zur Zielerreichung notwendigen Funktionen ausführen (vgl. Seidlmeier 2015, S. 63ff). Abbildung 5-1 zeigt das Organigramm der Organisationssicht. Zur Wahrung der Übersichtlichkeit des Modells wurden dabei nur die projektrelevanten Bereiche berücksichtigt.

Das Komponentenwerk Braunschweig ist innerhalb des VW-Konzerns eine sogenannte Business Unit. Als eigenständiges Werk kann es innerhalb der VW AG wie ein externes Unternehmen agieren, das sämtliche Fertigungsbereiche im Konzern mit seinen Komponenten (z. B. Dämpfer, Achsen, Hilfsrahmen) beliefert. An der Spitze der Hierarchie steht die Werkleitung. Darunter finden sich Hauptabteilungen, die für den Betriebsablauf notwendig sind. Dazu gehören unter anderem eigene Abteilungen für Personal, Qualitätssicherung, Fertigung, Logistik und Controlling. Für den untersuchten Bereich wurden die Hauptabteilungen „Qualitätssicherung“ und „Fertigung“ detaillierter betrachtet.

Im Bereich Qualitätssicherung findet sich die Abteilung „HFP“, die sich mit der Produktionsstrategie befasst. An diese Abteilung sind weitere Unterabteilungen angegliedert. Die Unterabteilung „V“ ist für die Umsetzung des „Kontinuierlichen Verbesserungsprozesses“ (KVP) zuständig. Dort ist auch der Bereich „TPM“ angesiedelt, der die Einführung des TPM-Konzeptes organisiert und betreut. Zu den Aufgaben der Mitarbeiter in diesem Bereich gehören beispielsweise die Überwachung und Auswertung der OEE oder die Entwicklung von W.I.R.-Plänen nach Vorgaben der Anlagenhersteller.

Die Fertigung setzt sich aus verschiedenen Geschäftsfeldern und einem Servicecenter zusammen. Die Geschäftsfelder bilden den Kern der Braunschweiger Produktion. Hier werden sämtliche Produkte und Baugruppen gefertigt, die später zur Weiterverarbeitung an die anderen Werke ausgeliefert werden. Jedes dieser Geschäftsfelder fertigt ein eigenes Produkt. Dazu gehören

unter anderem die Geschäftsfelder „Lenkung“, „Hinterachse“, „Vorderachse“ und „Dämpfer“. Einige dieser Bereiche können in weitere Produktgruppen unterteilt werden. Das Geschäftsfeld „Vorderachse“ setzt sich z. B. aus den Produktgruppen „Hilfsrahmen“, „Querlenker“ und „Schwenklager“ zusammen, die je nach Modellvariante in eigenen Produktionslinien gefertigt werden. Diesen Linien sind die Anlagenbediener und Anlagenführer zugeordnet, welche die eigentlichen Produktionsaufgaben ausführen. Die Meister nehmen überwachende und organisatorische Aufgaben wahr.

Neben den Geschäftsfeldern bildet die zentrale Werktechnik ein sogenanntes „Servicecenter“. Dort werden die Aufgaben der „Anlageninstandhaltung“ und „Gebäudetechnik“ zusammengeführt. Zu den Instandhaltungsmitarbeitern zählen Instandhalter, Meister und Sachbearbeiter. Die Instandhalter lassen sich in die einzelnen Gewerke unterteilen und führen die Instandhaltungsaufträge aus, die von den Sachbearbeitern angelegt und geplant wurden. Auch in diesen Abteilungen übernehmen die Meister überwachende und organisatorische Aufgaben.

In der Abbildung 5-1 wurde das Geschäftsfeld „Vorderachse“ mit der Produktgruppe „Hilfsrahmen“ und der Produktionslinie „MQB“ stellvertretend für die anderen Geschäftsfelder modelliert. Als Vertreter der „Werktechnik“ wurden die Strukturen der „Anlageninstandhaltung“ abgebildet.

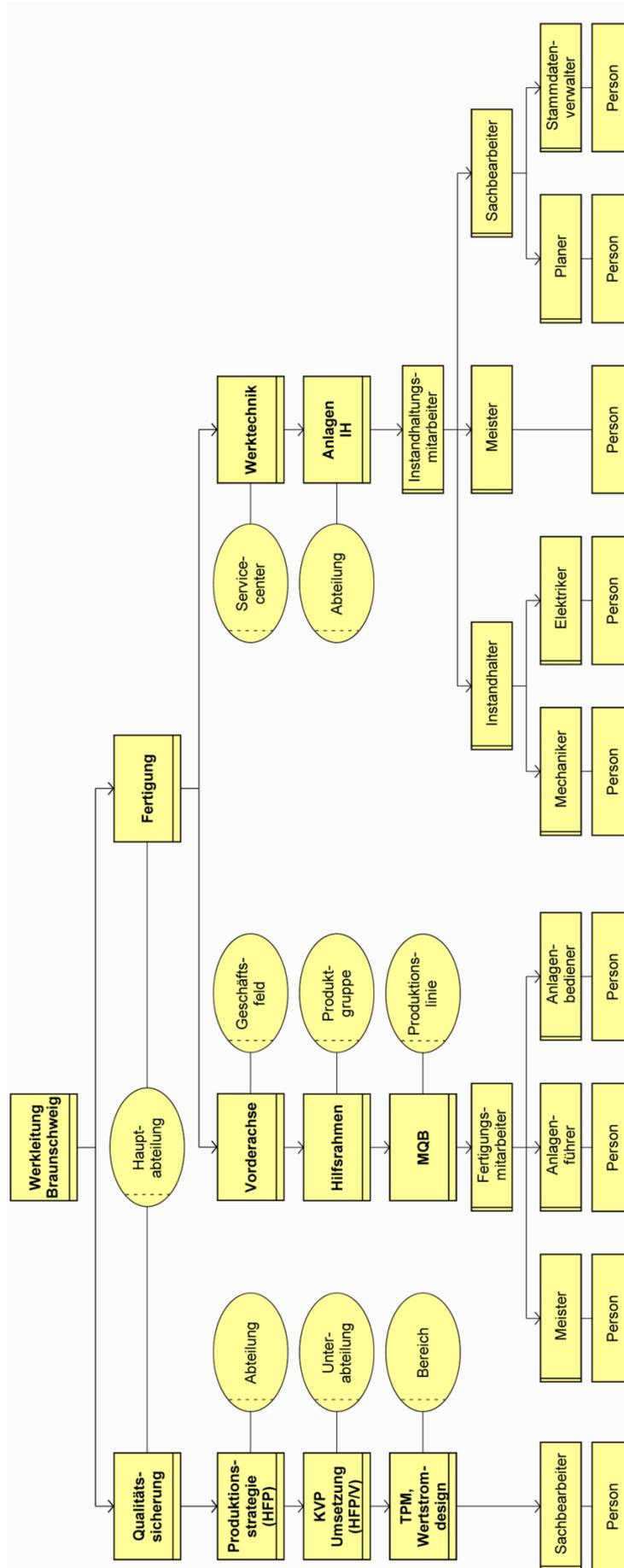


Abbildung 5-1: Organigramm der Organisationssicht

5.3.2 Funktionssicht

Fachliche Aufgaben werden in ARIS als Funktionen bezeichnet. Sie beschreiben eine Tätigkeit an einem physischen oder informativen Objekt. Alle diese Funktionen dienen im weitesten Sinne der Erreichung der Unternehmensziele. Mit einem Funktionsbaum können die Aufgaben grafisch dargestellt werden. Die gewählte Struktur verdeutlicht die hierarchischen Beziehungen zwischen den Kernprozessen auf der obersten Ebene und den Elementarfunktionen auf den unteren Ebenen (vgl. Seidlmeier 2015, S. 61).

In Anlehnung an die Struktur des Organigramms der Organisationssicht wurde ein Funktionsbaum entwickelt. Als Grundlage wurde der Ist-Prozess herangezogen, wie er im dritten Kapitel beschrieben wurde. Analog zum Organigramm finden sich auf der obersten Ebene die betrieblichen Hauptfunktionen. Dazu gehört unter anderem die Leistungserstellung durch die Fertigungsabteilung und die Qualitätssicherung. Die Kernfunktion der Leistungserstellung lässt sich in die eigentliche Produktion und die Instandhaltung unterteilen. Von besonderem Interesse sind an dieser Stelle die Aufgaben der Fertigungsmitarbeiter, insbesondere die TPM-Aufgaben. Die Prozesse der Qualitätssicherung und Instandhaltung spielen für das Projekt eine untergeordnete Rolle und werden daher nur angedeutet.

Die TPM-Funktionen werden in einer gewissen Abfolge ausgeführt und lassen sich daher prozessorientiert strukturieren. Die Hierarchie innerhalb des Funktionsbaumes spiegelt somit die Bearbeitungsreihenfolge wider. Diese Funktionen sind: „TPM-Aufgabe suchen“, „TPM-Aufgabe auswählen“, „TPM-Aufgabe vorbereiten“, „TPM-Aufgabe durchführen“ und „TPM-Aufgabe nachbereiten“. Einige dieser Funktionen lassen sich zusätzlich weiter in ihre Elementarfunktionen zerlegen. Der Kernprozess der TPM-Aufgaben ist die Durchführung der autonomen Instandhaltung mit ihren Instandhaltungsmaßnahmen „Anlagen warten“, „Anlagen inspizieren“ und „Anlagen instand setzen“. Diese Maßnahmen sind verrichtungsorientiert strukturiert, d. h. sie können unabhängig voneinander ausgeführt werden. Der Umfang der Tätigkeiten ergibt sich aus den Aufgabenbeschreibungen der W.I.R.-Pläne. Sollten nach der Durchführung noch weitere Mängel vorhanden sein, können entsprechend Folgeaufträge für die Fertigungs- und Instandhaltungsabteilung ausgelöst werden. Wird jedoch der Produktionsablauf gestört, muss die „Werktechnik“ unverzüglich informiert werden.

Die Abbildung 5-2 zeigt den Funktionsbaum der Funktionssicht. Sämtliche Funktionen, die direkt durch eine IT-Lösung beeinflusst werden können, sind hervorgehoben. Dies betrifft insbesondere die Auswahl der Aufgaben (Anzeige und Auswahl der TPM-Aufträge), die Vorbereitung (Zusatzinformationen zum Auftrag) sowie die Rückmeldung der erledigten Maßnahmen. Zusätzlich kann die Auslösung von TPM- bzw. Instandhaltungsfolgeaufträgen durch ein IT-System unterstützt werden.

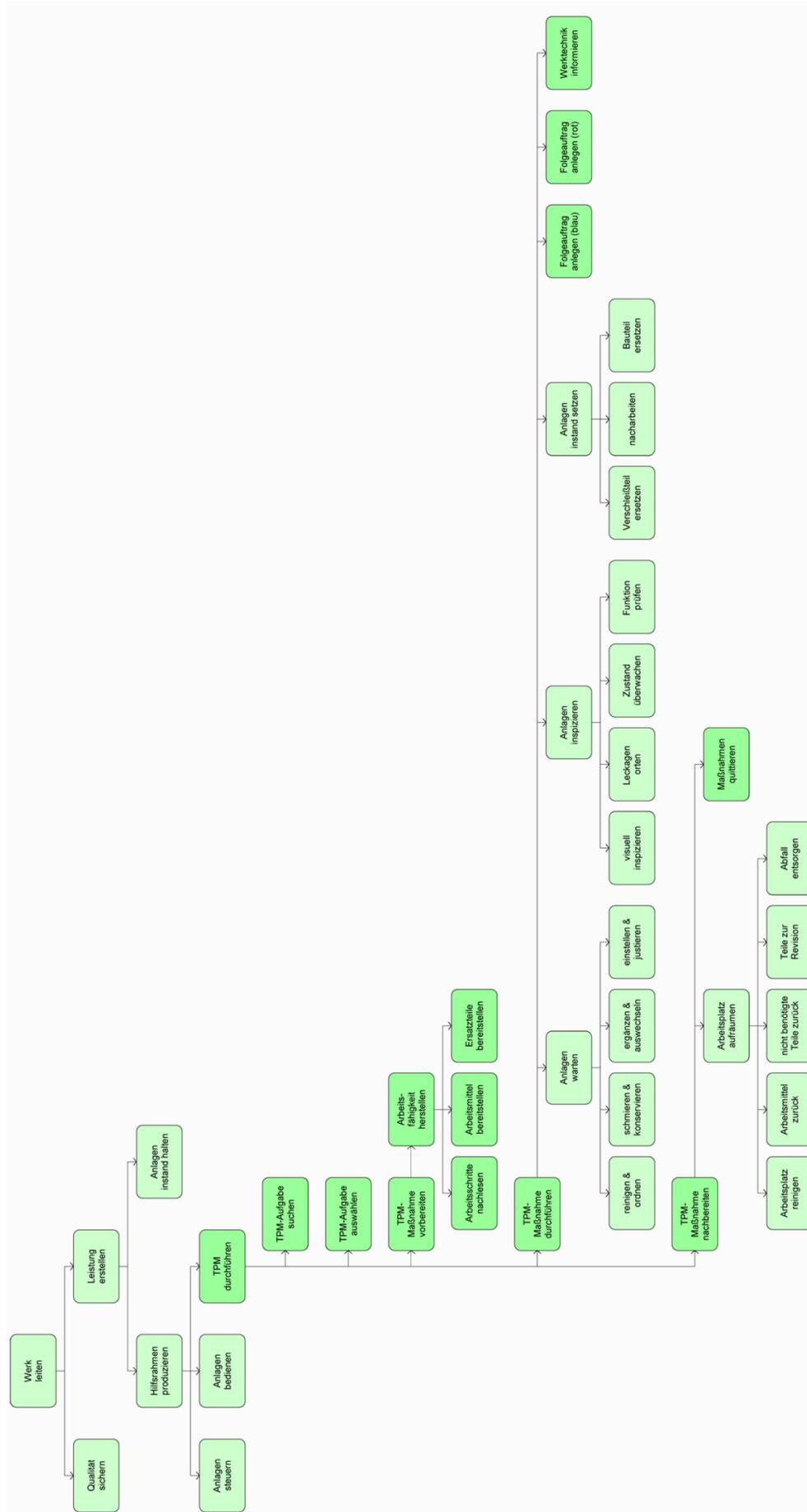


Abbildung 5-2: Funktionsbaum der Funktionssicht

5.3.3 Datensicht

Durch die Datenmodellierung der Datensicht können die innerhalb des Prozesses verwendeten Informationsobjekte und deren Beziehungen untereinander detailliert beschrieben werden. Die Modellierung kann durch erweiterte Entity-Relationship-Modelle (eERM) erfolgen (vgl. Gadatsch 2012, S. 122).

Die Abbildung 5-3 zeigt die logische Datenstruktur des TPM-Prozesses. Das eERM zeigt die Informationsobjekte, die von einem IT-System betroffen sind. Da es sich um die Datensicht der Fachkonzeptebene handelt, wurden die verwendeten Informationsobjekte und deren Beziehungen in vereinfachter Form als Übersichtsmodell dargestellt. Auf DV-Ebene müsste eine detailliertere Modellierung erfolgen, aus der direkt das reale, datenbankgestützte Datenmodell abgeleitet werden könnte.

Die Fertigungsmitarbeiter bearbeiten die TPM-Aufgaben oder aufgetretene Störungen. Die Beziehung „bearbeitet“ stellt eine starke Vereinfachung der Prozesse dar. Konkret handelt es sich bei den TPM-Aufgaben um die Prozesse „suchen“, „auswählen“, „vorbereiten“, „durchführen“ und „nachbereiten“ inklusive „quittieren“. Die Störungsbearbeitung umfasst die gleichen Prozesse mit dem Unterschied, dass „suchen“ und „auswählen“ durch „erkennen“ ersetzt wurde.

Wird während der Bearbeitung festgestellt, dass die Zeit oder die eigene Qualifikation für die Bearbeitung nicht ausreichen, kann ein Folgeauftrag ausgelöst werden. Dies kann entweder ein Folgeauftrag für die Fertigungsabteilung (entspricht den blauen Mängelkarten) oder die Instandhaltungsabteilung (entspricht den roten Mängelkarten) sein. Wird die Produktionsfähigkeit der Anlage beeinträchtigt und verfügt der Mitarbeiter nicht über die nötige Qualifikation, um die Störung selbst zu beseitigen, muss die „Werktechnik“ über den Schaden informiert werden. Diese löst dann wiederum einen Folgeauftrag für die Instandhaltungsabteilung aus. Ein Instandhalter bearbeitet diesen Auftrag und behebt den Schaden. Auch in diesem Fall schließt die Bearbeitung sämtliche Prozesse von der Auftragsannahme über die Durchführung bis hin zur Rückmeldung ein.

Neben diesen Beziehungen zwischen den einzelnen Informationsobjekten finden sich weitere verarbeitungsrelevante Daten im Modell. Dazu gehören insbesondere die Attribute, die zur eindeutigen Beschreibung der Objekte benötigt werden. Die Fertigungsmitarbeiter und die Instandhalter sind als Datenobjekt „Mitarbeiter“ repräsentiert. Dort finden sich personenrelevante Daten wie die „Stammnummer“ zur eindeutigen Identifikation sowie Daten zum „Bereich“, in dem der Mitarbeiter eingesetzt wird oder die „Qualifikation“, die er besitzt. Solche Daten finden sich auch bei den TPM-Aufgaben. Diese können über eine eindeutige „Aufgabennummer“ identifiziert werden. Zusätzlich verfügen sie über einen „Status“, der den Bearbeitungszustand angibt (z. B. „in Bearbeitung“). Werden oder wurden die Aufgaben bearbeitet, finden sich zusätzlich über Fremdschlüsselattribute (Stammnummer des Mitarbeiters) Informationen über den

„Bearbeiter“. Die Aufträge sind über ihre Attribute und Relationen den entsprechenden Anlagen zugeordnet. Dadurch lassen sich im Prozess gewonnene Daten direkt den Anlagen zuordnen und eine detaillierte Datenauswertung wird ermöglicht.

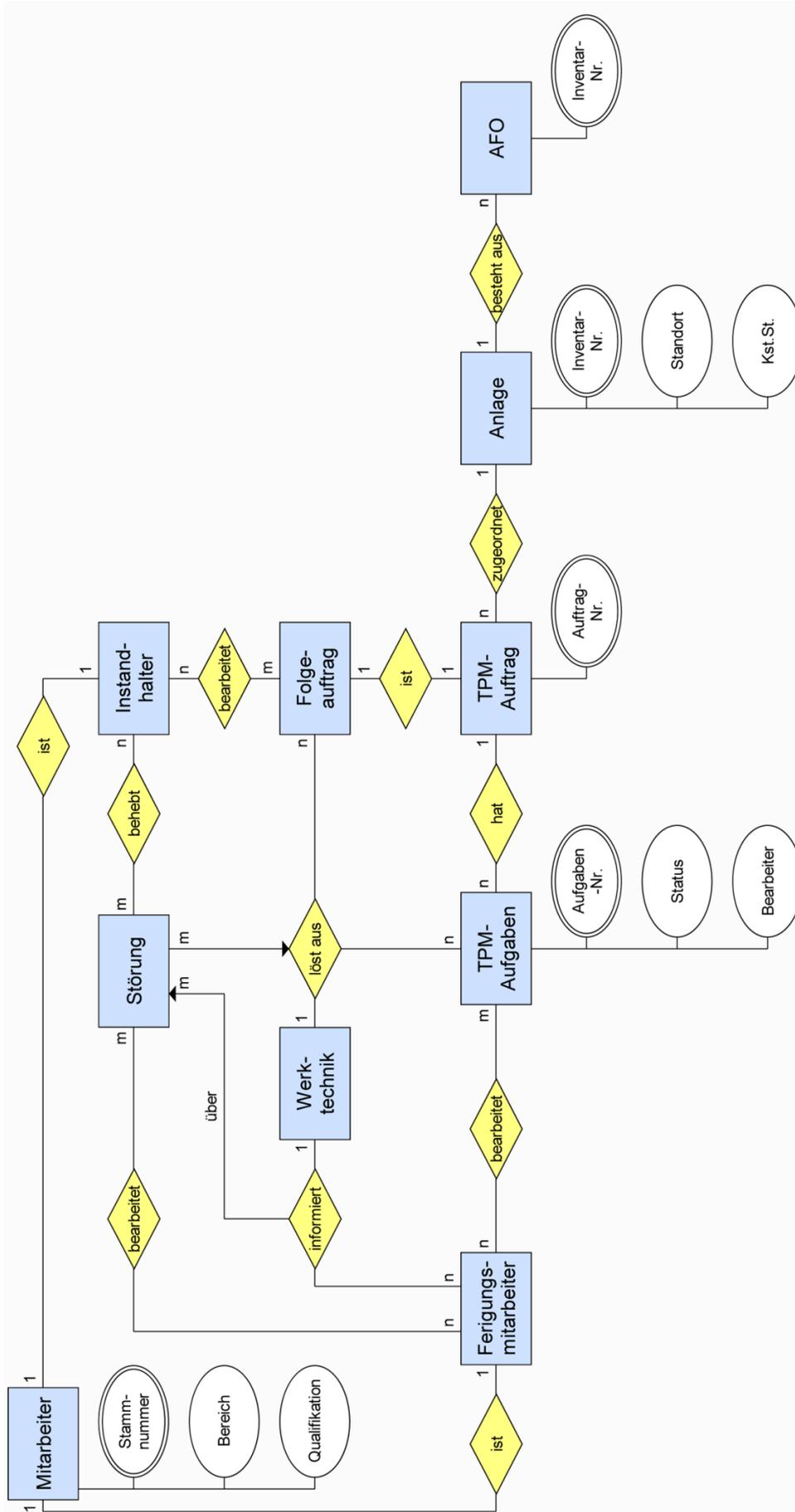


Abbildung 5-3: Erweitertes Entity-Relationship-Modell der Datensicht

5.3.4 Steuerungssicht

Die Steuerungssicht dient der Zusammenführung der drei getrennt voneinander entwickelten Sichten (Organisation, Funktionen und Daten). In ihr werden die Verbindungen zwischen den Elementen der anderen Sichten in einen zeitlichen und logischen Zusammenhang gesetzt. Im Vordergrund steht die ganzheitliche Darstellung der Ablauforganisation des Prozesses (vgl. Seidlmeier 2015, S. 25f).

Abbildung 5-6 zeigt den Soll-TPM-Prozess in Form einer eEPK. Die Hinterlegungen finden sich in Abbildung 5-4 und 5-5.

Betrachtet man Abbildung 5-6, wird die Ähnlichkeit zum vorhandenen Ist-Prozess deutlich [vgl. Abbildung 3-8]. Ziel der Arbeit ist es nicht, den gesamten TPM-Prozess zu ändern, sondern ihn durch IT zu unterstützen. Aus diesem Grund wird an dieser Stelle nur auf die Unterschiede zum Ist-Prozess hingewiesen. Da es sich bei der Prozessdarstellung nur um einen vergleichenden Überblick handelt, sind die einzelnen Bedienungsschritte des IT-Systems nicht explizit aufgeführt. Eine ausführlichere Betrachtung erfolgt jedoch im weiteren Verlauf dieses Kapitels (vgl. Abschnitt 5.5).

Vorbedingungen

Augenscheinlichster Unterschied ist das IT-System, welches Teile der TPM-Tafel ersetzen soll. Die Darstellung der TPM-Aufgaben (vormals W.I.R.-Pläne) erfolgt nun in elektronischer Form auf den TPM-Terminals. Das IT-System ist direkt mit dem EAM-System MAXIMO verbunden und beide Systeme arbeiten mit demselben Datenbestand. Durch die elektronische Auftragsverarbeitung entfallen die analogen Mängelkarten.

Auswahl der TPM-Maßnahme

Die Aufgabenauswahl erfolgt mithilfe der TPM-Anwendung. Die interne Systemlogik entscheidet darüber, welche Aufgaben in welcher Reihenfolge angezeigt werden. Der Mitarbeiter kann diese Aufgaben zur Bearbeitung auswählen. Die blauen Mängelkarten wurden durch elektronisch gemeldete TPM-Folgeaufträge ersetzt.

Vorbereitung der TPM-Maßnahme

Die TPM-Aufgaben werden analog zum Ist-Prozess vorbereitet. Der einzige Unterschied ergibt sich aus der Art und Weise, wie sich der Mitarbeiter über die notwendigen Arbeitsschritte oder die benötigten Werkzeuge und Ersatzteile informieren kann. Im Ist-Prozess mussten diese Informationen separat aus anderen Dokumenten der TPM-Tafel herausgesucht werden. Bei dem IT-System können Zusatzinformationen direkt mit der TPM-Aufgabe verknüpft und z. B. durch ein zusätzliches Hilfe-Fenster angezeigt werden. Der Suchaufwand entfällt somit vollständig.

Durchführung der TPM-Maßnahmen

Die Durchführung der TPM-Maßnahmen hat sich durch die Entwicklung des Ordnungsrahmens verändert. Die W.I.R.-Maßnahmen wurden durch vollständige Instandhaltungsmaßnahmen gemäß den Maßnahmen aus Kapitel 4.2.3 ersetzt. Das bedeutet, dass die Instandsetzung bereits in diesem Schritt erfolgen kann. Im Anschluss erfolgt eine Prüfung, ob weitere Mängel augenscheinlich sind. Abbildung 5-4 zeigt dieses Vorgehen.

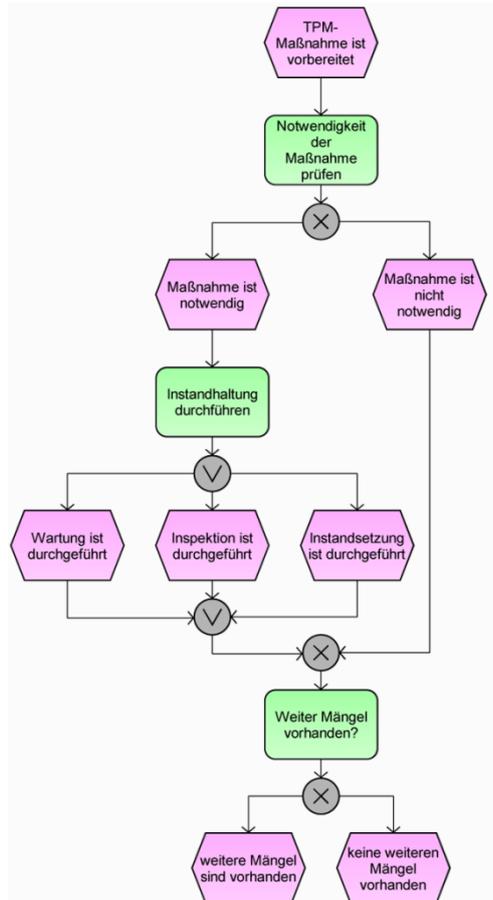


Abbildung 5-4: Soll-Prozess: Durchführung der W.I.R.-Maßnahmen (eEPK)

Werden keine weiteren Mängel aufgedeckt, kann die Maßnahme nachbereitet werden. Finden sich jedoch Unregelmäßigkeiten, die nicht bereits durch die eigenen Instandsetzungsbemühungen beseitigt werden konnten oder verbleibt keine Zeit mehr, um die Mängel zu beheben, müssen Folgeaufträge angelegt werden. Diese Aufträge ersetzen die vorhandenen roten und blauen Mängelkarten. Folgende vier Szenarien sind für die Auswahl der Folgeaufträge ausschlaggebend:

1. *Zeit und Qualifikation sind vorhanden:*

Im diesem Fall wird solange eine der drei Instandhaltungsmaßnahmen durchgeführt, bis entweder die Zeit oder die Qualifikation nicht mehr ausreichen.

2. *Zeit ist vorhanden, Qualifikation nicht:*

In diesem Fall wird entweder sofort die Werktechnik informiert oder es wird ein Folgeauftrag für die Instandhaltung ausgelöst. Als Entscheidungskriterium wird die Fertigungsfähigkeit der Anlage herangezogen. Hat der Mangel negative Auswirkungen auf die Produktion, muss die Werktechnik umgehend informiert werden. Ist eine andauernde Produktion durch die Maschine mit weiterhin ausreichender Qualität möglich, kann über das TPM-Tool ein Folgeauftrag für die Instandhaltungsabteilung angelegt werden.

3. *Qualifikation ist vorhanden, Zeit nicht:*

In diesem Fall wird über das TPM-Tool ein Folgeauftrag für die Fertigung ausgelöst. Dieser Auftrag wird den anderen Fertigungsmitarbeitern als offener TPM-Auftrag angezeigt. Der elektronische Auftrag ersetzt die blaue Mängelkarte.

4. *Weder Zeit noch Qualifikation sind vorhanden:*

In diesem Fall wird entweder sofort die Werktechnik informiert oder es wird ein Folgeauftrag für die Instandhaltung ausgelöst. Das Vorgehen entspricht dem des zweiten Szenarios.

Wurde die zentrale Werktechnik informiert oder wurde ein Folgeauftrag für die Instandhaltung angelegt, kümmern sich die Instandhalter um die Behebung der angezeigten Mängel. Auch in diesem Fall wurde die analoge Mängelkarte durch einen elektronischen Auftrag ersetzt. Die Abbildung 5-5 zeigt das Vorgehen, wie aus dem Anruf bei der Störstelle ein Instandhaltungsauftrag generiert und die Instandhaltungsabteilung informiert wird.

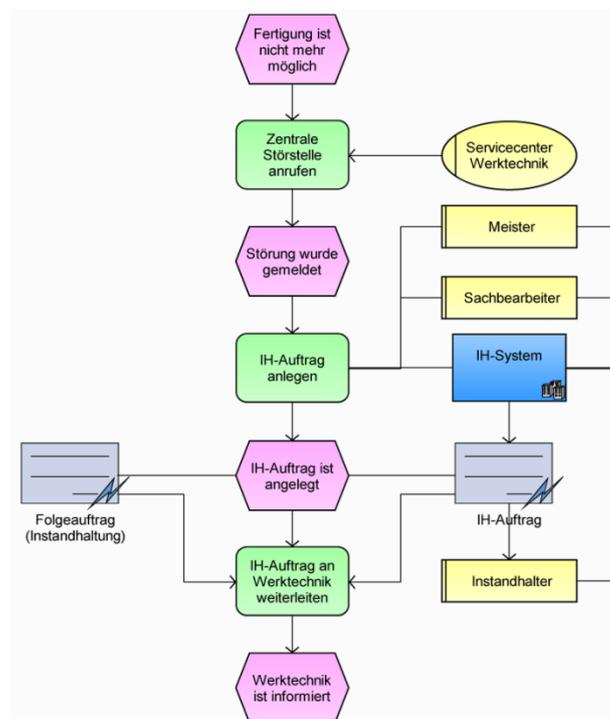


Abbildung 5-5: Soll-Prozess: Werktechnik informieren (eEPK)

Nachbereitung und Abschluss der TPM-Maßnahmen

Die Nachbereitung und der Abschluss der TPM-Maßnahmen erfolgt analog zum Ist-Prozess mit dem Unterschied, dass die Rückmeldung über das TPM-Terminal erfolgt. Um den Mitarbeiter eindeutig zuordnen zu können, muss dieser die erledigten Maßnahmen mit seiner Stammmnummer quittieren.

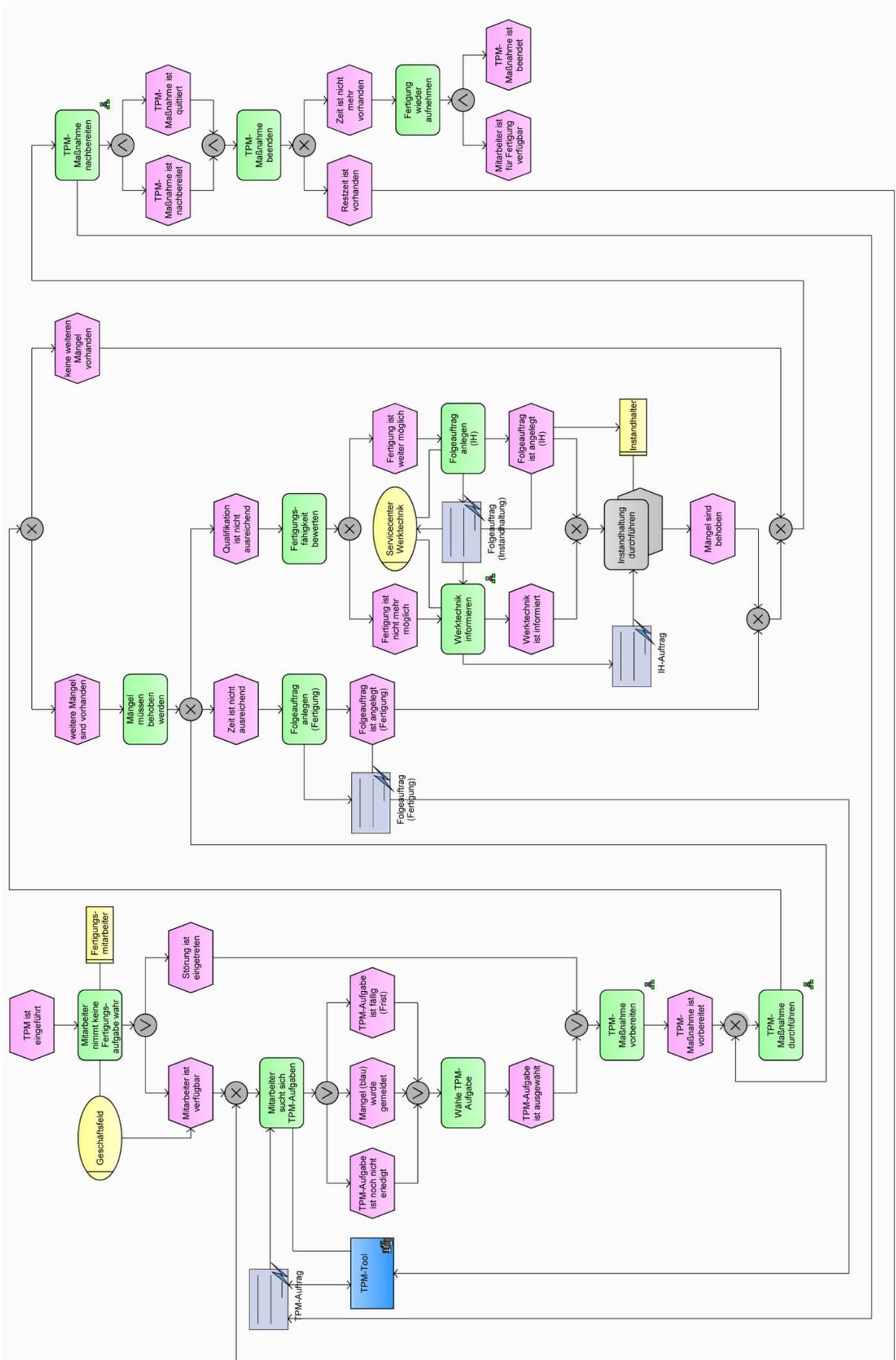


Abbildung 5-6: Soll-Prozess: TPM-Gesamtprozess (eEPK)

5.3.5 Verbindungspunkte zwischen den ARIS-Sichten und dem Ordnungsrahmen

Die vorgestellten ARIS-Sichten mit den dazugehörigen Modellen lassen sich mit dem Ordnungsrahmen für die autonome Instandhaltung in Verbindung setzen. In diesem Abschnitt soll exemplarisch für einige ausgewählte Beispiele gezeigt werden, wo Schnittmengen zwischen den Modellen existieren.

Organisationssicht

In der Organisationssicht finden sich in Form der „Werkleitung Braunschweig“ die Entscheidungsträger. Die Werkleitung trifft Strategieentscheidungen bezüglich der organisatorischen Rahmenbedingungen für die Produktion. Dazu gehören Entscheidungen über die Instandhaltungsstrategie und das dafür zu nutzende Informationssystem. Die Hauptabteilung „Fertigung“ setzt das TPM-Konzept um, während die „Qualitätssicherung“ diese Prozesse steuert und überwacht. Die Abbildung 5-7 zeigt die Parallelen zwischen dem Ordnungsrahmen und dem Organigramm der Organisationssicht. Die „Werkleitung“ sowie die Hauptabteilungen „Qualitätssicherung“ und „Fertigung“ sind im Organigramm hervorgehoben, die entsprechenden Elemente im Ordnungsrahmen sind grau abgesetzt.

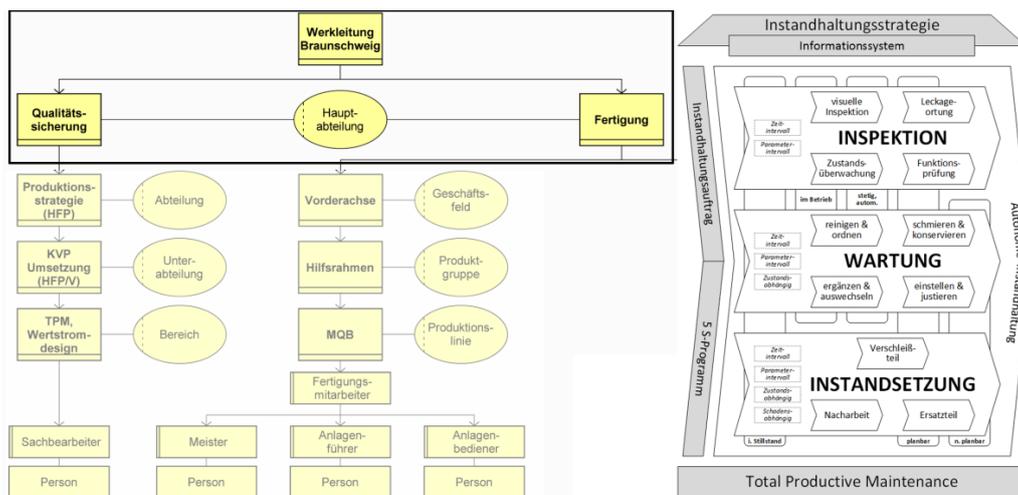


Abbildung 5-7: Verbindung zwischen Organigramm und Ordnungsrahmen

Funktionssicht

Die Funktionssicht listet die im Prozess auftretenden Tätigkeiten in Form eines Funktionsbaumes auf. Die Durchführung der TPM-Maßnahmen wird durch die Funktion „TPM-Maßnahme durchführen“ abgebildet. In der Abbildung 5-8 ist dieser Bereich hervorgehoben. Er beinhaltet die drei Maßnahmen der Wartung, Inspektion und Instandsetzung mit ihren jeweiligen Tätigkeiten. Diese Maßnahmen und Tätigkeiten sind auch im Ordnungsrahmen repräsentiert und hervorgehoben.

Fachkonzeption eines TPM-Prototypen auf Basis von IBM MAXIMO

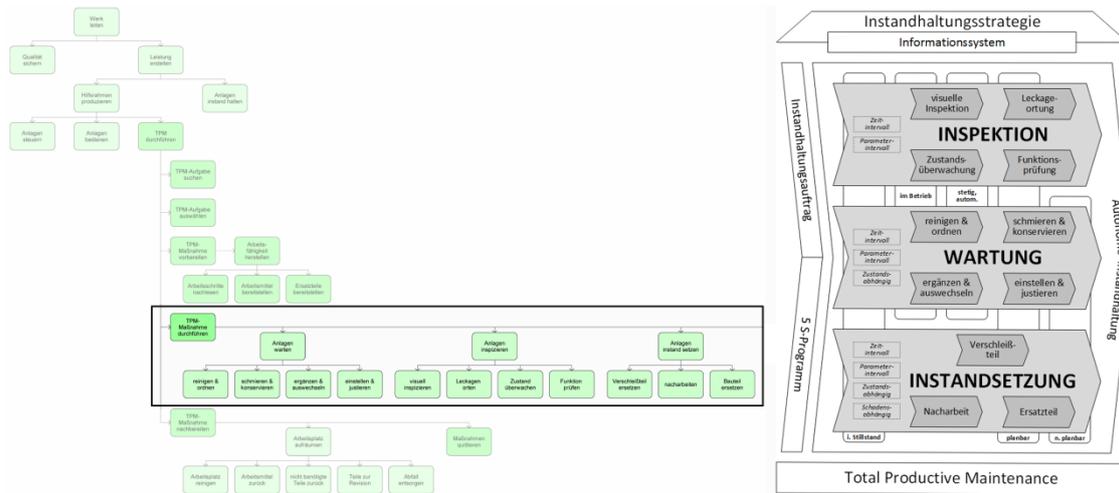


Abbildung 5-8: Verbindung zwischen Funktionsbaum und Ordnungsrahmen

Steuerungssicht

In der Steuerungssicht werden die ARIS-Sichten aggregiert. Folglich sind in der eEPK der Steuerungssicht die meisten Parallelen zwischen den Modellen und dem Ordnungsrahmen zu finden. Stellvertretend werden vier Beispiele vorgestellt.

Die Durchführung der einzelnen Instandhaltungsmaßnahmen wurde in Abbildung 5-4 angedeutet, dies ist zugleich der Kernprozess der autonomen Instandhaltung und zentrales Element des Ordnungsrahmens. In der Abbildung 5-9 sind die Instandhaltungsmaßnahmen in der eEPK und im Ordnungsrahmen kenntlich gemacht.

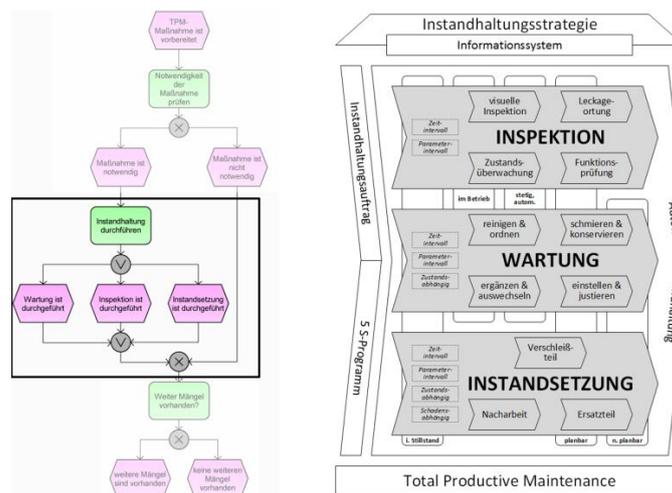


Abbildung 5-9: Verbindung zwischen eEPK und Ordnungsrahmen (autonome IH)

Aus der eEPK ergeben sich drei mögliche Auslöser von TPM-Maßnahmen, deren Verbindungen zum Ordnungsrahmen aufgezeigt werden können:

Der Eintritt eines Schadens kann TPM-Maßnahmen notwendig machen. Nachdem der Fertigungsmitarbeiter eine Störung erkannt hat, versucht er diese zunächst selbstständig zu beheben.

In der Abbildung 5-10 ist die eEPK der Steuerungssicht abgebildet, das auslösende Schadensereignis und die Instandhaltungsdurchführung sind hervorgehoben. Im Ordnungsrahmen ist dieses Szenario ebenfalls markiert. Da es bereits zu einem Schaden gekommen ist, ist nur noch der Instandsetzungsprozess mit seinen Tätigkeiten relevant. Die Maßnahmen wurden zustands- bzw. schadensabhängig ausgelöst und sind entsprechend hervorgehoben. Kommt es aufgrund der Störung zu einem Anlagenstillstand, kann dies durch die Säule „im Stillstand“ beschrieben werden. Das ungeplante Auftreten der Störung wird durch die Säule „nicht planbar“ verdeutlicht.

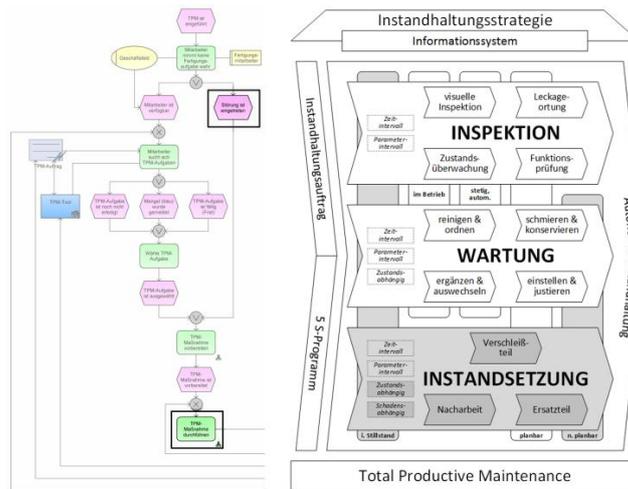


Abbildung 5-10: Verbindung zwischen eEPK und Ordnungsrahmen (Schadensfall)

Neben dem Schadensfall kann eine TPM-Maßnahme auch durch einen Wartungsplan vorgegeben werden. Die Abbildung 5-11 zeigt die Ereignisse in der eEPK und im Ordnungsrahmen. Das geplante Vorgehen und Maßnahmen, die im laufenden Betrieb erfolgen können, werden im Ordnungsrahmen durch die Säulen „im Betrieb“ und „planbar“ charakterisiert. Die Maßnahmen der autonomen Instandhaltung werden durch den Instandhaltungsauftrag (aus dem Wartungsplan) ausgelöst. Dieser kann beispielsweise durch das Erreichen eines bestimmten Zeit- oder Parameterintervalls notwendig werden. Entsprechend sind der „Instandhaltungsauftrag“ sowie die Elemente „Zeitintervall“ und „Parameterintervall“ im Ordnungsrahmen markiert.

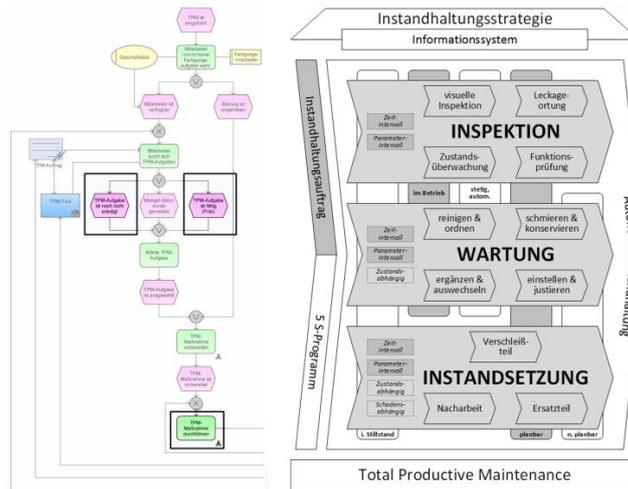


Abbildung 5-11: Verbindung zwischen eEPK und Ordnungsrahmen (geplanter Auftrag)

Gemäß dieses Vorgehens können TPM-Maßnahmen auch durch Folgeaufträge vorangegangener Maßnahmen ausgelöst werden. In der Abbildung 5-12 ist dieser Fall im Ordnungsrahmen nachgebildet. In Gegensatz zu einem Auftrag aus dem Wartungsplan ist ein Folgeauftrag ungeplant nötig. Anders als bei einer Betriebsstörung ist der Schaden jedoch noch nicht eingetreten bzw. führte noch nicht zu einer Beeinträchtigung der Produktion. Im Idealfall kann durch die Wartungs- bzw. Instandsetzungsmaßnahmen verhindert werden, dass die Produktionsfähigkeit gestört wird. Je nach Situation sind die Maßnahmen „zustandsabhängig“ bzw. „schadensabhängig“ ausgelöst worden und können „im Stillstand“ oder „im Betrieb“ erledigt werden.

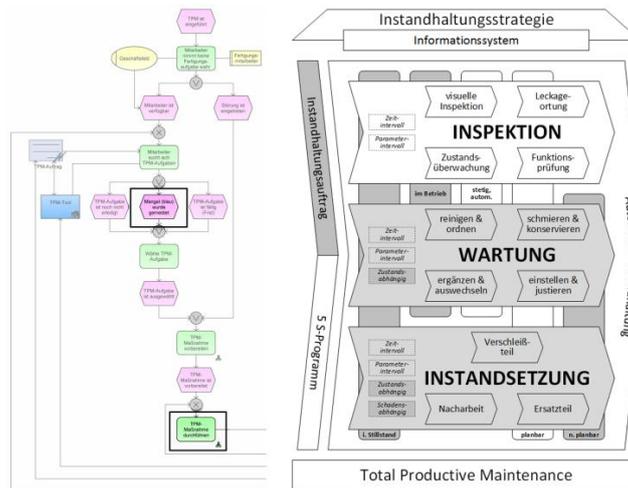


Abbildung 5-12: Verbindung zwischen eEPK und Ordnungsrahmen (Folgeauftrag)

5.4 Grundlagen aus Sicht von MAXIMO

Die neu zu entwickelnde TPM-Anwendung besteht aus zwei Hauptkomponenten. Das zugrunde liegende EAM-System MAXIMO stellt die IT-Umgebung und den Datenbestand für die Anwendung bereit. Die eigentliche Umsetzung erfolgt jedoch als eigenständige Applikation „TPM-

Fertigung“. In den folgenden Abschnitten werden die Grundlagen aufseiten des EAM-Systems betrachtet.

Die zu entwickelnde IT-Lösung basiert auf den Funktionen und Daten, die vom System MAXIMO genutzt werden. Folgende Komponenten sind für eine Umsetzung relevant:

- Maschinengruppen,
- Schichtmodell,
- TPM-Auftrag,
- Zeit-/Zählersteuerung.

Bei den Elementen „Schichtmodell“ und „Zeit-/Zählersteuerung“ handelt es sich um bestehende Funktionen, die Komponenten „Maschinengruppen“ und „TPM-Auftrag“ sind neu bzw. in Anlehnung an bestehende Funktionen zu entwickeln.

5.4.1 Maschinengruppen

Für die effektive Nutzung von TPM in den Fertigungsbereichen müssen die vorhandenen Anlagen den Einsatzbereichen der TPM-Terminals entsprechend strukturiert werden. Jede Anlage ist aus verschiedenen Stationen (AFO) zusammengesetzt, die wiederum aus einzelnen Maschinen bestehen können. Die einzelnen Maschinen müssen innerhalb von MAXIMO zu Maschinengruppen zusammengefasst werden. Die Anwendung müsste über den MAXIMO-Anwendungsdesigner neu zusammengestellt und in den Bereich „Anlage“ eingegliedert werden. In dieser neuen Funktion können Maschinengruppen angelegt und verwaltet werden.

Intern wird die Anwendung „Maschinengruppe“ als eigene Datenbanktabelle auf Werksebene geführt. Tabelle 5-2 und 5-3 zeigen die mögliche Datenstruktur. Die Haupttabelle beinhaltet die Namen und Beschreibungen der Maschinengruppe sowie eine automatisch vergebene ID. Zusätzlich sind die Werk-ID (z. B. 1300 für Braunschweig), die dazugehörige Organisation (z. B. VW) und der Status der Gruppe zu erfassen.

Attribut	Beschreibung
NAME	Name der Maschinengruppe
BESCHREIBUNG	Bezeichnung der Maschinengruppe
GRUPPEN-ID	automatisch erstellte ID
WERK-ID	Identifikation für das Werk
ORG-ID	Identifikation für die Organisation
AKTIV	aktiver oder nicht aktiver Status

Tabelle 5-2: Datenstruktur der Tabelle „Maschinengruppe“

Die einzelnen Positionen der jeweiligen Maschinengruppe werden über eine weitere Tabelle erfasst. Diese beinhaltet den Verweis zur Kopftabelle und bezieht ihre weiteren Daten aus den Anlagendaten der aufgenommenen Maschinen.

Attribut	Beschreibung	Anmerkung
GRUPPEN-ID	Fremdschlüssel	verweist auf die Kopftabelle
ANLAGEN-ID	identifiziert die Anlage	Daten aus Anlagentabelle
ORT	Standort der Anlage	Daten aus Anlagentabelle
WERK-ID	Werk-ID der Anlage	Daten aus Anlagentabelle
ORG-ID	Org-ID der Anlage	Daten aus Anlagentabelle

Tabelle 5-3: Datenstruktur der Tabelle der einzelnen Positionen

Wird eine neue Maschinengruppe angelegt, müssen die Attribute der Tabelle 5-3 über eine Eingabemaske erfasst werden. Die Maschinen können über ihren Standort bzw. über die Anlagen-ID erfasst und der Gruppe zugeordnet werden.⁴⁶ Über einen Link kann direkt zum jeweiligen Eintrag der Tabelle „Standorte“ oder „Anlage“ gewechselt werden. Die Abbildung 5-13 zeigt den möglichen Aufbau der Erfassungsmaske für die Maschinengruppen.

Abbildung 5-13: Erfassungsmaske für die Anwendung „Maschinengruppe“

Über weitere Relationen müssen die Maschinengruppen den entsprechenden TPM-Terminals der Bereiche zugeordnet werden. Da jedes Terminal über einen eindeutigen Hostnamen verfügt, kann diese Zuordnung über eine weitere Applikation oder über ein eigenes Attribut „TERMINAL-ID“ innerhalb der Maschinengruppentabelle eindeutig erfolgen.

⁴⁶ Die Anlagen werden teilweise unterschiedlich erfasst. Während einige Anlagen über die Tabelle „Anlagen“ gepflegt werden, finden sich auch Anlagen, die über den „Standort“ erfasst sind. Daher müssen beide Möglichkeiten durch die Anwendung abgedeckt werden.

5.4.2 Schichtmodell

In den verschiedenen Fertigungsbereichen kommen unterschiedliche Schichtmuster⁴⁷ zur Anwendung. Die verschiedenen Schichtmodelle werden im MAXIMO-Standardobjekt „Kalender“ abgebildet. Die Abbildung 5-14 zeigt diese Funktion.

Arbeitsstag	Schicht	Startzeit	Endzeit	Arbeitszeit	Anmerkungen
21.05.12	FRÜH	06:00	14:00	8:00	
21.05.12	SPÄT	14:00	22:00	8:00	
22.05.12	FRÜH	06:00	14:00	8:00	
22.05.12	SPÄT	14:00	22:00	8:00	
23.05.12	FRÜH	06:00	14:00	8:00	
23.05.12	SPÄT	14:00	22:00	8:00	
24.05.12	FRÜH	06:00	14:00	8:00	
24.05.12	SPÄT	14:00	22:00	8:00	
25.05.12	FRÜH	06:00	14:00	8:00	
25.05.12	SPÄT	14:00	22:00	8:00	
26.05.12	FRÜH	06:00	14:00	8:00	
26.05.12	SPÄT	14:00	22:00	8:00	

Details					
Arbeitsstag	21.05.12	Startzeit*	06:00	Arbeitszeit*	8:00
Schicht	FRÜH	Endzeit*	14:00	Anmerkungen	

Abbildung 5-14: MAXIMO-Standardfunktion „Kalender“

Einige TPM-Aufgaben müssen schichtweise durchgeführt werden und daher mit einem Schichtmodell aus der Kalender-Anwendung verbunden werden. Eine Zuordnung kann innerhalb des TPM-Auftrages über die Zuweisung einer Kalendernummer erfolgen.

5.4.3 TPM-Auftrag

Die Anwendung zur Erfassung der TPM-Aufträge muss neu entwickelt werden. Dazu bietet es sich an, die Maske der Applikation „Auftragsschnellerfassung“ zu nutzen und für die TPM-Aufträge anzupassen. Abbildung 5-15 zeigt die mögliche Gestaltung der Erfassungsmaske der TPM-Auftragsverwaltung. Schreibgeschützte Felder, deren Daten durch die Relationen zu anderen Datenbanktabellen bereitgestellt werden, sind grau dargestellt.

⁴⁷ Zwei-Schicht-System (z. B. 7:00-15:00 Uhr und 15:00-23:00 Uhr) und Drei-Schicht-System (z. B. 06:00-14:00 Uhr, 14:00-22:00 Uhr und 22:00-06:00 Uhr)

Fachkonzeption eines TPM-Prototypen auf Basis von IBM MAXIMO

Auftrag	8729001		Anhänge	@
Ort	13-H_003-EG_-K12	↗	Werk	1300
Anlage	9305253	↗	Status	GENEHM
Geändert von	DPF3RJO		Statusdatum	09.07.2015
Name	Max Mustermann			
Änderungsdatum	09.07.2015			

Aufgaben für Auftrag 8729001		Status	Löschen
Listenzeile			
Aufgabeninformationen		Zeitsteuerung	
Wenn Zyklus eingetragen ist, ist die Zählersteuerung inaktiv			
Aufgabe	10	Zykluseinheit	Tag ↗
Zusammenfassung	An Schmierstellen schmieren	Erstes Startdatum	01.07.2015
Geschätzte Dauer	0:08	Zyklus	1
Ort	13-H_003-EG_-K12 ↗	Enddatum	01.07.2015
Anlage	9305253 ↗	Schichtmodell	3SchichtModell ↗
Geändert von	DPF3RJO	Iststart?	N
Name	Max Mustermann	Zählersteuerung	
Änderungsdatum	09.07.2015	Zähler	DRUCKLUFT6 ↗
Anhänge		Zählerablesung	7,00
Aktiv?	J	Zyklus	7
		Zählerstanddatum	20.06.2015
		Nächster Zählerstand	14,00
		Neue Zeile	

Abbildung 5-15: Erfassungsmaske für die Anwendung „TPM-Auftrag“

In Kapitel 4.1.1 wurde bereits auf einige Schwachpunkte bezüglich der vordefinierten MAXIMO-Auftragsarten eingegangen. Der MAXIMO-Standard ist für die Abbildung der TPM-Prozesse nicht ausreichend und muss daher erweitert werden. Unter der Vorgabe, die Eigenentwicklungen möglichst gering zu halten, bietet es sich an, den bereits vorhandenen Datentyp „WORKTYPE“ zu nutzen. Dazu müssten die vorhandenen Typen⁴⁸ um den TYP „TPM“ erweitert werden. Die neuen Auftragsarten können durch den Datentyp „WORKCLASS“ in Wartung, Inspektion und Instandsetzung klassifiziert werden; zusätzlich lassen sich die dazugehörigen Instandhaltungstätigkeiten über den Datentyp „WOACTIVITY“ erfassen. Die geschilderte Datenstruktur ist zusammenfassend in der Tabelle 5-4 dargestellt.

⁴⁸ REP, VERB, PRUEF, WART, INSP

WORKTYPE = „TPM“	
hat WORKCLASS	besteht aus WOACTIVITY
WART	reinigen & ordnen, schmieren & konservieren ergänzen & auswechseln einstellen & justieren
INSP	visuelle Inspektion Leckageortung Zustandsüberwachung Funktionsprüfung
REP ⁴⁹	Verschleißteil Nacharbeit Ersatzteil

Tabelle 5-4: Datentypen der möglichen TPM-Auftragsarten

Neben den Daten, die auch für andere Auftragsarten verwendet werden, müssen zusätzlich TPM-spezifische Felder eingeführt werden, welche die Aufgabensichtbarkeit auf den TPM-Terminals steuern. Diese Datenfelder werden gesondert im Abschnitt „Zeit- und Zählersteuerung für die Aufgabensichtbarkeit“ aufgegriffen.

Die in der externen TPM-Applikation abgearbeiteten Aufgaben werden in der Tabelle für die Rückmeldungen gespeichert. Als Nachweis für die ausgeführten Arbeiten müssen folgende Informationen erfasst werden:

- Standort/Anlage,
- Aufgabenbeschreibung,
- eventuelle Stillstandzeit,
- Memo (Kurzbeschreibung bei Unregelmäßigkeiten),
- Stammmnummer des Bearbeiters,
- Status der Aufgabe,
- Folgeauftrag (Verweis).

Weitere Informationen wie z. B. das Enddatum oder die Zählerstände werden im Hintergrund erfasst. Die gelisteten Datenfelder sind nicht Teil der ursprünglichen MAXIMO-Auftragsrückmeldung. Für eine vollständige Rückmeldung muss daher die Tabelle für die Rückmeldungen und die Darstellung der Daten innerhalb der Anwendung „TPM-Auftrag“ modifiziert

⁴⁹ Entsprechend der Nomenklatur der Instandhaltungsabteilung und um Verwechslungen zwischen „INSP“ und „INST“ zu vermeiden, wird für die Instandsetzung die Bezeichnung „REP“ verwendet.

werden. Für die vollständige Abbildung der abgearbeiteten TPM-Aufgaben müssen der Standard-Rückmeldetabelle daher neue Felder hinzugefügt werden. Tabelle 5-5 listet diese auf.

Attribut	Beschreibung
TPM-STATUS	Status der Aufgabe
TPM-STILLSTAND	Stillstandszeit durch die Maßnahme
TPM-FOLGEAUFTRAG	Folgeauftrag der Aufgabe
TPM-STAMMNR	Stammnummer des Bearbeiters
TPM-NACHNAME	Nachname des Bearbeiters
TPM-ZAEHLER	Zählernamen
TPM-ZSTAND	Zählerstand bei der Ausführung

Tabelle 5-5: Zusätzliche Datenfelder der Rückmeldungstabelle

Um die neuen Felder in der Auftragsrückmeldung der Anwendung „TPM-Auftrag“ darzustellen, muss die Standard-Maske modifiziert werden. Abbildung 5-6 zeigt eine mögliche Gestaltungsvariante, um die relevanten Auftragsdaten zu visualisieren. Die Felder sollen automatisch von der externen TPM-Anwendung gefüllt werden. Die einzelnen Felder der Rückmeldung dienen lediglich der Anzeige und sind daher schreibgeschützt.

Aufgabeninformationen		Aufgabeninformationen	
Aufgabe	10	Stammmummer	DPF3RJO
Status	n.i.O.	Nachname	Mustermann
Stillstand	0:20	Änderungsdatum	09.07.2015
Memo	Undichtigkeiten an der Pneumatik	Startdatum	09.07.2015
Folgeauftrag	9305253	Startzeit	22.45

Tabelle 5-6: Erfassungsmaske für die manuelle Auftragsrückmeldung in der Anwendung „TPM-Auftrag“

5.4.4 Zeit- und Zählersteuerung für die Aufgabensichtbarkeit

Für die intervallabhängige Sichtbarkeit der TPM-Aufgaben lassen sich zwei mögliche Steuerungsgrößen unterscheiden. Neben Zeitintervallen können auch zählerabhängige Steuerungen genutzt werden, um TPM-Aufgaben bedarfsgerecht anzuzeigen. Beide Konzepte sind bereits durch den MAXIMO-Standard vorgegeben und können für die TPM-Aufträge angepasst werden. Abbildung 5-16 zeigt die Erfassungsmaske für eine Zählersteuerung im Rahmen der Wartungs- und Inspektionspläne der Instandhaltungsabteilung.

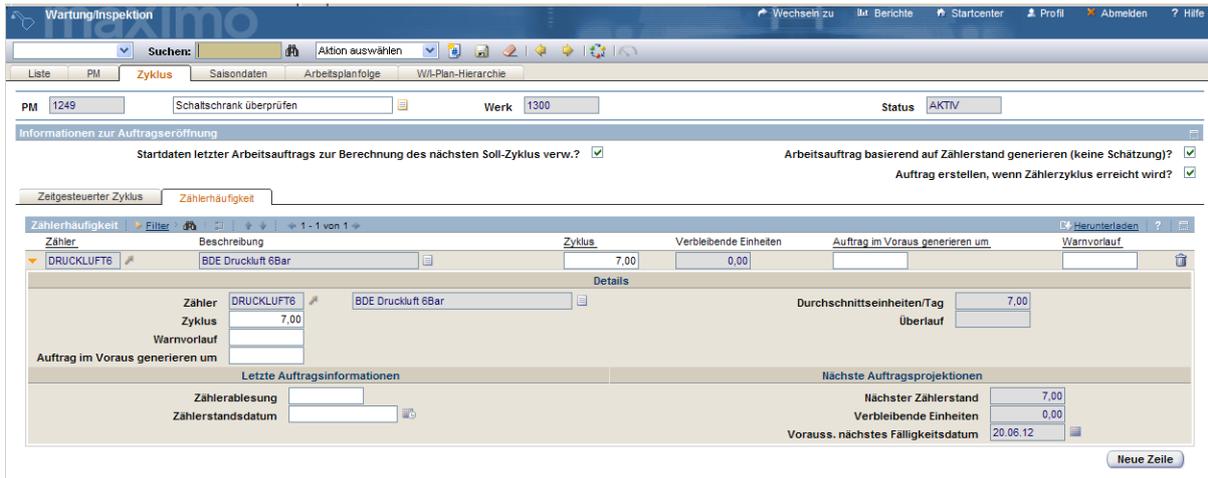


Abbildung 5-16: MAXIMO-Standardfunktion „Zyklus“:

Die Zeitsteuerung besteht aus den folgenden Feldern:

- **Zykluseinheit:** Als Zykluseinheiten können die vordefinierten Intervalle „Schicht“, „Tag“, „Woche“, „Monat“ und „Jahr“ ausgewählt werden.
- **Zyklus:** Der Zyklus ist ein Ganzzahlwert, der die Intervalllänge der gewählten Zykluseinheit bestimmt. Soll beispielsweise ein zweiwöchiges Intervall gewählt werden, muss die Zykluseinheit „Woche“ ausgewählt werden und im Feld Zyklus wird eine „2“ eingetragen. In diesem Beispiel ist die Aufgabe einmal innerhalb von zwei Wochen auszuführen.
- **Erstes Startdatum:** Das Startdatum legt den Tag der ersten Fälligkeit fest. Es ist ein Datumsfeld ohne Zeitangabe.
- **Enddatum:** Dieses Datum legt die letzte Fälligkeit fest, bis zu welchem Tag die Aufgabe erledigt werden kann. Wird die Aufgabe nicht bis zu diesem Zeitpunkt bearbeitet, wird sie aus der Aufgabenliste ausgeblendet und im System als unbearbeitet erfasst. „Enddatum“ ist ein Datumsfeld ohne Zeitangabe.
- **Iststart:** Bei diesem Feld handelt es sich um eine boole'sche Variable. Wird in dem Feld ein „J“ gewählt, wird die erste Ausführung fest auf Basis des Startdatums berechnet. Die nächsten Termine berechnen sich in Abhängigkeit der tatsächlichen Ausführungszeitpunkte. Wird im Feld ein „N“ gesetzt, so ist das Startdatum ein „Sollstart“. Der Termin der nächsten Fälligkeit wird somit fest auf Basis des ersten Startdatums berechnet. Die weiteren Termine berechnen sich unabhängig vom Zeitpunkt der jeweils vorherigen Aufgabenbearbeitung.

Tabelle 5-7 zeigt die Unterschiede zwischen beiden Varianten an einem Beispiel unter folgenden Rahmenbedingungen: Zykluseinheit = „Tag“, Zyklus = „3“, Erstes Startdatum = 08.09.2015

Iststart		Sollstart	
Fälligkeit	Ausführung	Fälligkeit	Ausführung
gesetztes Startdatum 08.09.2015	die erste Ausführung erfolgt am 08.09.2015	gesetztes Startdatum 08.09.2015	die erste Ausführung erfolgt am 08.09.2015
berechnete Fälligkeit 11.09.2015	die Ausführung erfolgt am 13.09.2015	berechnete Fälligkeit 11.09.2015	die Ausführung erfolgt am 13.09.2015
berechnete Fälligkeit 16.09.2015	keine Ausführung erfolgt	berechnete Fälligkeit 14.09.2015	keine Ausführung erfolgt
berechnete Fälligkeit 19.09.2015	...	berechnete Fälligkeit 17.09.2015	...

Tabelle 5-7: Beispiel für die berechneten Fälligkeiten bei Ist- und Sollstart

Die Festlegung, ob es sich um einen „Ist-“ oder einen „Sollstart“ handelt, beeinflusst auch, ab wann die Aufgabe im Arbeitsvorrat angezeigt wird. Bei einem Iststart wird die Aufgabe exakt am Tag der Fälligkeit angezeigt, bei einem Sollstart ab Anfang der Zykluseinheit. Daraus ergibt sich für Aufgaben mit der Zykluseinheit „Schicht“ die Konvention, dass es sich grundsätzlich um einen „Sollstart“ handelt. Das Iststart-Feld ist mit „N“ vorbelegt und schreibgeschützt. So kann sichergestellt werden, dass die schichtweise zu erledigenden Aufgaben zu Beginn jeder Schicht im Arbeitsvorrat angezeigt werden. Die Tabelle 5-8 zeigt einige Beispiele für die unterschiedliche Aufgabensichtbarkeit.

Einheit	Zyklus	Iststart	Fälligkeit	Anzeige im Arbeitsvorrat
Woche	1	Nein	Donnerstag, 10.09.2015	Montag, 07.09.2015, ab 00:00 Uhr
Woche	1	Ja	Donnerstag, 10.09.2015	Donnerstag, 10.09.2015, ab 00:00 Uhr
Monat	1	Nein	Mittwoch, 09.09.2015	Dienstag, 01.09.2015, ab 00:00 Uhr
Monat	1	Ja	Mittwoch, 09.09.2015	Mittwoch, 09.09.2015, ab 00:00 Uhr

Tabelle 5-8: Beispiele für die Aufgabensichtbarkeit bei Ist- und Sollstart

Die Zählersteuerung setzt die Erfassung von Betriebsdaten der Anlagen voraus und steuert die Aufgabensichtbarkeit über den Eintritt von definierten Zählerständen. Sie wird nur aktiv, wenn keine Zyklusdaten eingetragen sind. Die Zählersteuerung ist mit der Zeitsteuerung nicht kombinierbar. Sollten beide Steuerungsgrößen gepflegt sein, hat die Zeitsteuerung stets Vorrang.

Um die Zeit- bzw. Zählersteuerung für die Aufgabensichtbarkeit zu nutzen, muss die Datenstruktur der TPM-Auftragstabelle erweitert werden. Die Tabelle 5-9 zeigt die nötigen Erweiterungen, um eine Zeit- bzw. Zählersteuerung zu nutzen.

Attribut	Beschreibung	Anmerkung
KALENDER	Welches Schichtmodell wird genutzt?	Daten aus der Tabelle „Kalendar“
ZYKLUSEINHEIT	Welche Intervalle werden genutzt? Auswahlmöglichkeiten: Schicht, Tag, Woche, Monat, Jahr	Daten aus der Tabelle „Zyklus“
ZYKLUS	ganzzahlige Anzahl der Zykloseinheiten	Daten aus der Tabelle „Zyklus“
START-DATUM	Startdatum der ersten Fälligkeit	Daten aus der Tabelle „Zyklus“
END-DATUM	Datum der letztmöglichen Ausführbarkeit	Daten aus der Tabelle „Zyklus“
IST-START	Handelt es sich um einen Iststart? Auswahlmöglichkeiten: J, N	
ZAEHLER	Welcher Zähler wird genutzt?	Daten aus der Tabelle „Zyklus“
ZAEHLER-ZYKLUS	Welcher Zyklus wird verwendet?	Daten aus der Tabelle „Zyklus“
ZAEHLER-ABLESUNG	Welcher Zählerstand wurde gemeldet?	Daten aus der Tabelle „Zyklus“
ZAEHLER-STANDDATUM	An welchem Datum wurde der Zählerstand gemeldet?	Daten aus der Tabelle „Zyklus“
ZAEHLER-NEUERSTAND	Bei welchem Zählerstand ist die nächste Fälligkeit?	Daten aus der Tabelle „Zyklus“
SHOW	signalisiert, ob die Aufgabe im Vorrat angezeigt wird wird automatisch über Crontask gesetzt	

Tabelle 5-9: Datenstruktur der TPM-Auftragstabelle

Die tatsächliche Anzeige des TPM-Auftrags im Arbeitsvorrat wird intern von einem sogenannten „Crontask“ gesteuert. Dieser wertet die Zeit- bzw. Zählersteuerung aus und setzt innerhalb des TPM-Auftrages das Feld „SHOW“ auf „1“ oder „0“, je nachdem ob die Aufgabe im Arbeitsvorrat erscheinen soll oder nicht. Abbildung 5-17 zeigt schematisch die Berechnung für eine zeitgesteuerte Aufgabe.

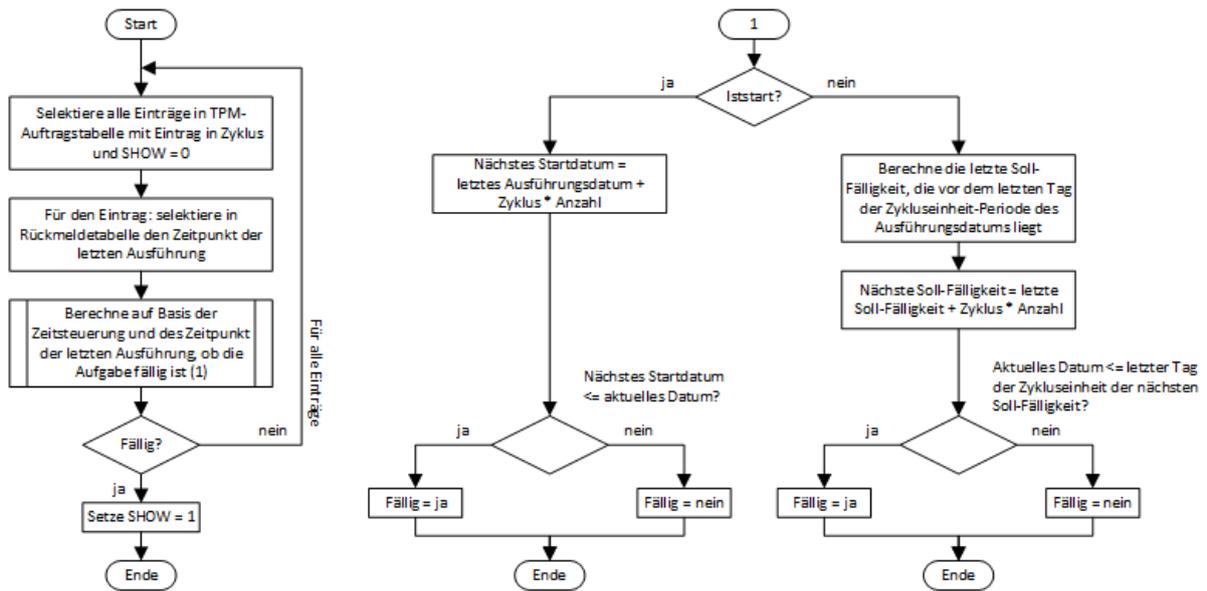


Abbildung 5-17: Schematische Berechnung für die Aufgabensichtbarkeit

5.5 Umsetzung der Anwendung „TPM-Fertigung“

Nachdem die Grundlagen des EAM-Systems bereitgestellt wurden, können die Daten durch die externe Erweiterung „TPM-Fertigung“ verarbeitet werden. Deren Entwicklung erfolgt außerhalb von MAXIMO auf der VW MAXWEB-Plattform. In den folgenden Abschnitten wird die Umsetzung als eigenständige Applikation betrachtet.

Aus den Grundfunktionalitäten, wie sie in Abschnitt 5.2 aufgeführt wurden, lässt sich direkt der Funktionsumfang für „TPM-Fertigung“ ableiten. Die Funktionen können auf vier wesentliche Bestandteile reduziert werden:

- Anzeige der Maschinengruppen des Bereiches,
- Anzeige der offenen TPM-Aufträge für diese Maschinengruppen,
- Bearbeitung und Rückmeldung der Aufträge,
- Folgeaufträge auslösen.

Nachfolgend wird die mögliche Realisierung dieser Grundfunktionen thematisiert, wie sie auch von einem Prototyp genutzt werden könnte.

5.5.1 Oberfläche der Applikation

Bei der Ziel-Hardware handelt es sich um ein 19 Zoll Touch-Screen-Terminal mit einer Auflösung von 1280x1024 Pixel. Die Applikation sollte sich daher vollständig mit nur einer Maske auf den Geräten abbilden lassen. Die Hauptansicht besteht aus einem Navigations- und einem Bearbeitungsbereich. Abbildung 5-18 zeigt die beiden Hauptbereiche der Anwendung.

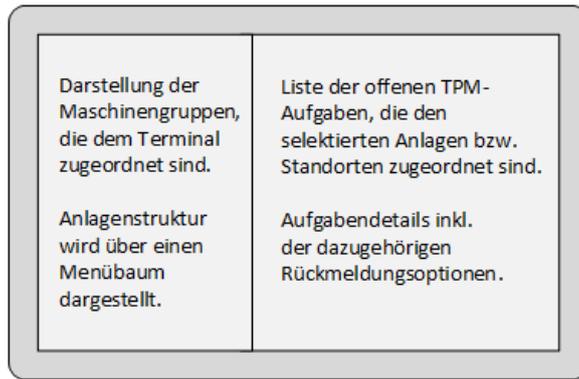


Abbildung 5-18: Hauptbereiche der Anwendungsoberfläche

Auf der linken Seite werden die dem Terminal zugeordneten Maschinengruppen ausgewählt. Die Anlagenstruktur wird über einen Strukturbaum eingblendet. Ähnlich der Verzeichnisstruktur in einem Datei-Explorer können die Maschinengruppen weiter unterteilt werden. Jeder Standort bzw. jede Anlage, die der Maschinengruppe zugeordnet ist, lässt sich weiter bis zu den einzelnen Maschinen anzeigen. Die Anlagen können markiert und damit ausgewählt werden. Durch diese Selektion werden auf der rechten Seite der Anwendung die zu bearbeitenden TPM-Aufgaben angezeigt.

Ein Eintrag des Maschinengruppenbaumes besteht aus seiner Bezeichnung und seiner Inventarnummer. Die Ebenen werden nach Standorten und Anlagen aufgeteilt, die Sortierung erfolgt alphabetisch nach der Bezeichnung bzw. aufsteigend nach der Inventarnummer. Abbildung 5-19 zeigt eine mögliche Struktur aus Hauptanlage, Stationen und Maschinen, wie sie innerhalb der MAXIMO-Anwendungen üblich ist.

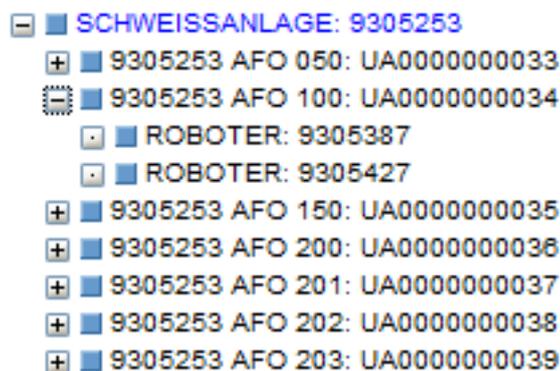


Abbildung 5-19: Mögliche Struktur des Maschinengruppenbaumes

Neben der Maschinengruppen-Navigation findet sich auf der rechten Seite der Hauptanwendung der eigentliche Bearbeitungsbereich mit der Aufgabenliste. Die Liste zeigt in einer Zeilendarstellung die TPM-Aufgaben, die den ausgewählten Maschinen zugeordnet sind. Die einzelnen Zeilen bestehen aus vier Spalten. Die erste Spalte ist für die Bezeichnung und Inventarnummer der

ausgewählten Anlage⁵⁰ und die Aufgabenbeschreibung reserviert. In der zweiten Spalte wird der geplante Bearbeitungszyklus angezeigt. Die dritte Spalte ist für die Rückmeldung vorgesehen. An dieser Stelle kann die Auftragsrückmeldung über verschiedene Schaltflächen ausgelöst werden. Statusveränderungen, z. B. ob ein Auftrag derzeit „in Bearbeitung“ ist, werden in der letzten Spalte angezeigt. Abbildung 5-20 zeigt eine mögliche Darstellung dieser Bestandteile.

<p>9304291 AFO A06 UA0000001397</p> <p>Zuführbahn/schienen der Schwing & Teileförderer reinigen</p>	<p>Wöchentl.</p>	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="837 470 1013 571">Erledigt</td> <td data-bbox="1013 470 1157 571">Defekt</td> <td data-bbox="1157 470 1252 571">Angef.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="837 571 1013 656">i.O.</td> <td data-bbox="1013 571 1157 656">n.i.O.</td> <td data-bbox="1157 571 1252 656">Folgeauftrag</td> </tr> </table>	Erledigt	Defekt	Angef.	i.O.	n.i.O.	Folgeauftrag	
Erledigt	Defekt	Angef.							
i.O.	n.i.O.	Folgeauftrag							

Abbildung 5-20: Mögliche Darstellung der Aufgabedetails und Rückmeldeoptionen

Mit den vorgestellten Oberflächenelementen sind die vier wesentlichen Grundfunktionen der Applikation abgedeckt. Die Navigation listet die Maschinengruppen auf und die Auftragsliste zeigt die dazugehörigen offenen TPM-Aufgaben, während die Bearbeitung und Rückmeldung sowie das Auslösen von Folgeaufträgen über die Schaltflächen realisiert werden.

In Anlehnung an das Design der VW MAXWEB Umgebung zeigt Abbildung 5-21 das mögliche, vollständige Anwendungslayout. Die Bedienung wird in den folgenden Abschnitten geschildert.

⁵⁰ Die Bezeichnung ist wichtig, sobald mehrere Teilstrukturen (Anlagen, Standorte) in der Baumstruktur ausgewählt werden.



Abbildung 5-21: Mögliche Anwendungsoberfläche von „TPM-Fertigung“

5.5.2 Funktionalität

Im nachfolgenden Abschnitt werden die einzelnen Funktionalitäten und die Bedienung eingehender beschrieben. Die Bedienung erfolgt ausschließlich über die Touch-Screen-Terminals. Tippt der Anwender in ein Feld, das eine Texteingabe erfordert, wird eine Display-Tastatur eingeblendet.

Auswahl der Maschinengruppen

Im Navigationsbereich kann eine Maschinengruppe über ein Auswahlménü, z. B. eine Combobox, ausgewählt werden. Ist der Station nur eine Maschinengruppe zugeordnet, so ist diese standardmäßig ausgewählt. Über eine Schaltfläche wird die getroffene Selektion geladen und in einer Baumstruktur angezeigt. So kann die konfigurierte Anlagen- und Standorthierarchie der Maschinengruppe grafisch dargestellt werden. Das Ein- und Ausblenden der verschiedenen Stufen kann beispielsweise über „Plus“- oder „Dreieck“-Symbole erfolgen.

Wird ein Knoten ausgewählt, so erfolgt eine farbliche Hervorhebung. Bei der Auswahl kann es sich um eine einzelne Maschinen oder eine Mehrfachauswahl handeln, auch eine Kombination aus Standorten und Anlagen ist möglich. Durch die Auswahl werden sämtliche offenen Aufgaben angezeigt, die zu den markierten Anlagen und deren untergeordneten Elementen gehören. Solange im Bearbeitungsbereich keine Änderungen vorgenommen werden, also keine Aufgaben ausgewählt werden, können Knoten im Navigationsbereich an- und abgewählt werden. Die Auf-

gaben werden dann entsprechend der Auswahl geladen. Sobald im Bearbeitungsbereich Änderungen erfolgen, muss die Navigation gesperrt werden, damit keine neuen Knoten oder Maschinengruppen ausgewählt werden können. Die Navigation wird erst nach der Speicherung etwaiger Änderungen wieder freigegeben.

Aufgabenliste

Die Aufgabenliste wird entsprechend der Maschinenauswahl angezeigt. Die einzelnen Aufgaben werden in Zeilen dargestellt, die Sortierung erfolgt auf Basis der festgelegten Startdaten (vgl. Abschnitt 5.4.4). Die Aufgaben, deren Zyklus in Kürze abläuft, werden oben angezeigt. Weiterhin besteht die Möglichkeit, die Spalten zu filtern. Über Eingabefelder oberhalb der entsprechenden Spalten lässt sich die Suche auf die Aufgaben einschränken, die den Filterkriterien entsprechen. Die Filterung erfolgt in Echtzeit, d. h. bei jeder Eingabe in das Eingabefeld wird die Auftragsliste kontinuierlich weiter eingeschränkt. Eine Filterung nach der Aufgabenbeschreibung ist nicht vorgesehen, eine Filterung nach den Instandhaltungstätigkeiten (vgl. Abschnitt 5.4.3) wäre aber für eine spätere Version denkbar.

Die Änderungen in diesem Bereich beziehen sich in erster Linie auf den Status der Aufgaben. Aus diesem Grund muss die Änderung im Statusfeld farblich hervorgehoben werden. Erst beim endgültigen Speichern oder Verwerfen werden die Eintragungen in die Datenbank übernommen oder verworfen. Der Listenbereich wird daraufhin komplett neu geladen und angezeigt. Alle farblichen Markierungen werden zurückgesetzt und die Navigation auf der linken Seite wird wieder freigegeben. Bei der Speicherung werden alle getroffenen Änderungen sequenziell über die Schnittstelle an MAXIMO gesendet; kommt es dabei zu einem Fehler, bleiben die farbigen Markierungen auf der Oberfläche sichtbar. Diese können dann entweder geändert oder verworfen werden. Die Datenbankinhalte werden erst durch eine erfolgreiche Speicherung überschrieben. Werden die Änderungen verworfen, so werden nicht nur die Markierungen entfernt, sondern die Inhalte komplett neu geladen. Durch dieses Vorgehen wird die Synchronizität zwischen dem tatsächlichen Datenbankabbild und den Daten in „TPM-Fertigung“ sichergestellt.

Speichern der Änderungen

Unterhalb der Aufgabenliste befinden sich ein Eingabefeld und die Schaltflächen zum Speichern und Verwerfen. Für das erfolgreiche Speichern muss die Stammnummer in das Eingabefeld eingetragen werden. Nach Betätigung der „Speichern“-Schaltfläche wird die Stammnummer gegenüber der MAXIMO-Personentabelle validiert. Findet keine Eingabe statt bzw. ist die Nummer nicht valide, so erfolgt keine Speicherung; der Nutzer hat aber die Möglichkeit der Korrektur.

Aufgabenbearbeitung

Entscheidet sich ein Mitarbeiter dazu, eine oder mehrere Aufgabe zu bearbeiten, betätigt er die jeweilige Schaltfläche „Anfangen“ und speichert diese Eingaben. Die Aufgabe bekommt intern

den Status „in Bearbeitung“ und wird auch in der Listenansicht so gekennzeichnet. Aufträge, die sich in Bearbeitung befinden, erhalten die Schaltflächen „Pause“ und „Abbrechen“, mit denen die Aufgaben zeitweilig ausgesetzt bzw. komplett abgebrochen werden können.

Rückmeldung

Nach der Aufgabenbearbeitung erfolgt die Rückmeldung über die entsprechenden Schaltflächen. Konnte der Mitarbeiter die Aufgabe erfolgreich erledigen, so kann er die Rückmeldung über die Schaltfläche „i. O.“ („in Ordnung“) vornehmen. Hat er über die Aufgabe hinaus Mängel festgestellt, diese aber beheben können, erfolgt die Rückmeldung über die Schaltfläche „n. i. O.“ („nicht in Ordnung“). In beiden Fällen öffnet sich ein Zusatzdialog, in dem optional die Stillstandszeit und ein Memo eingegeben werden können. Dort hat der Mitarbeiter die Möglichkeit, eine Textnotiz zu hinterlassen, beispielsweise über behobene Mängel. Abbildung 5-22 zeigt eine mögliche Eingabemaske für die Zusatzinformationen einer positiven Rückmeldung.

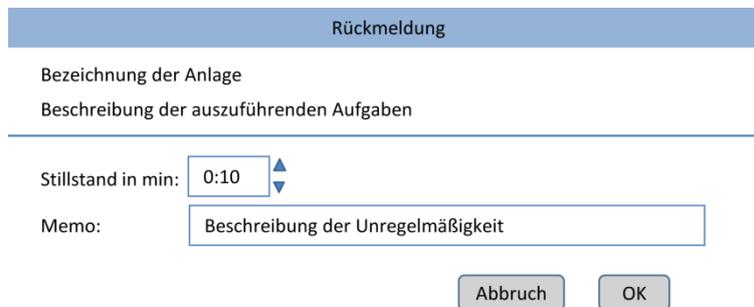


Abbildung 5-22: Eingabemaske für Zusatzinformationen

Musste der Mitarbeiter die Aufgabenbearbeitung abbrechen, weil Zeit oder Qualifikation nicht ausreichend erschienen, hat er die Möglichkeit, über die entsprechende Schaltfläche einen Folgeauftrag anzulegen.

Folgeauftrag

Zu einer TPM-Aufgabe kann ein Folgeauftrag erstellt werden. Über die Schaltfläche „Folgeauftrag“ öffnet sich ein Zusatzdialog, in dem der Mitarbeiter den Mangel so detailliert wie möglich beschreiben muss. Nach dieser Eingabe muss die Verantwortlichkeit festgelegt werden, d. h. ob es sich um einen Folgeauftrag für die Fertigung oder die Instandhaltung handelt. Aufträge für die Fertigung erscheinen regulär in der Aufgabenliste, im Statusfeld ist aber vermerkt, dass es sich um einen Folgeauftrag handelt.

Wird ein Folgeauftrag für die Instandhaltung selektiert, muss die IH-Gruppe⁵¹ passend zum Defekt ausgewählt werden. Zusätzlich müssen eine aufsteigende Priorität zwischen „1“ und „3“ und

⁵¹ z. B. Elektriker oder Mechaniker

die Auftragsart⁵² festgelegt werden. Bei diesen Feldern handelt es sich um die Pflichteingaben, die für einen Instandhaltungsauftrag notwendig sind. Der Folgeauftrag wird erst „abgeschickt“, wenn sämtliche Eingaben in der Hauptansicht gespeichert werden.

Abbildung 5-23 zeigt eine mögliche Darstellung des Zusatzdialoges. Im Beispiel wurde ein Folgeauftrag für die Instandhaltung angelegt.

The image shows a software dialog box titled "Rückmeldung". It contains several input fields and buttons. The fields are: "Bezeichnung der Anlage", "Beschreibung der auszuführenden Aufgaben", "Beschreibung" (containing the text "Kabelisolation am Schwenkarm ist durchgescheuert"), "Zuständigkeit" (a dropdown menu showing "Instandhaltung"), "IH-Gruppe" (a dropdown menu showing "Elektriker"), "Priorität" (a dropdown menu showing "3"), and "Auftragsart" (a dropdown menu showing "REP"). At the bottom right of the dialog are two buttons: "Abbruch" and "OK".

Abbildung 5-23: Eingabemaske für einen Folgeauftrag

Erweiterte Funktionalitäten

Neben den vorgestellten Basisfunktionen soll die Applikation zu einem späteren Zeitpunkt erweitert werden. Von besonderem Interesse sind in diesem Fall folgende Funktionen:

- Anhänge und Zusatzinformationen anzeigen,
- automatische Anmeldung am Terminal,
- umfassende Datenauswertung zu Analyse Zwecken.

Die Anzeige von Zusatzinformationen lässt sich relativ einfach umsetzen, da MAXIMO bereits im Standard Dokumentenanhang zulässt. So besteht die Möglichkeit, den Anlagen PDF-Dokumente zuzuordnen. Diese werden automatisch in Aufträge übernommen, die an dieser Anlage ausgeführt werden sollen. Intern könnte vermerkt werden, ob die Zusatzinformationen TPM-relevant sind. Wird ein Anhang als relevant markiert, so wird in der TPM-Aufgabe eine Schaltfläche einblendet, über die er geöffnet werden kann. Als Anhang würden sich insbesondere detaillierte Arbeitsanweisungen anbieten, wie sie teilweise auch an den TPM-Tafeln zu finden sind.

Eine zusätzliche Verbesserung könnte durch die Anbindung eines Kartenlesers umgesetzt werden. Die Mitarbeiter könnten sich dann über ihre PKI-Karte⁵³ am System anmelden. Zum einen könnte so der Prozess verbessert werden, da der Mitarbeiter sofort identifiziert werden kann. Dadurch könnte die Anzeige der von diesem Mitarbeiter bearbeiteten, offenen Aufgaben sofort

⁵² REP, VERB, WART, INSP

⁵³ Durch die PKI-Karte kann ein Mitarbeiter über die Stammmnummer eindeutig identifiziert werden.

erfolgen, ohne dass die Aufträge erneut manuell ausgewählt werden müssten. Zum anderen könnte in der Applikation eine Qualifikationsmatrix hinterlegt werden, um die Aufgaben qualifikationsabhängig und individuell für jeden Mitarbeiter anzuzeigen.

Die Analyse der durch die Applikation gewonnenen Daten kann zu jedem Zeitpunkt erfolgen. Diese Funktionalität kann losgelöst von der eigentlichen Anwendung realisiert werden, da der Datenbestand auch manuell über Datenbankabfragen analysiert werden kann. Eine komfortablere Lösung wäre aber eine Integration in die Oberfläche des EAM-Systems. Ein Fertigungsmeister könnte so gewisse Informationen, z. B. die Anzahl der nicht fristgerecht erledigten Aufträge, in seinem MAXIMO-Startcenter angezeigt bekommen. Weitaus größere Möglichkeiten würden sich aber ergeben, wenn sämtliche Daten über einen gewissen Zeitraum ausgewertet werden. Denkbar wäre eine Auswertung der Folgeaufträge oder der „n. i. O.“-Aufträge, um daraus Rückschlüsse auf Schwachstellen oder schlechte Intervallzeiten zu schließen.

5.5.3 Testbetrieb der Lösung

Mit den Grundfunktionen und den erweiterten Funktionalitäten entspricht die Lösung vollständig den Vorgaben aus Kapitel 5.2. Bevor die Anwendung jedoch im realen Produktionsumfeld eingesetzt werden kann, muss ein Testbetrieb mit einem prototypischen System absolviert werden. Dafür bietet es sich an, einen „Pilotbereich“ auszuwählen, in dem die Lösung parallel zum bestehenden Prozess einsetzt wird. Denkbar wäre die Ausführung auf einer virtuellen Testinstanz, die mit einem Datenbankabbild arbeitet. Durch den Parallelbetrieb kann die Applikation getestet werden, ohne den Fertigungsablauf zu stören. So wird sichergestellt, dass die TPM-Aufgaben ausgeführt werden können, auch wenn der Prototyp Fehler aufweisen sollte. Nach einer erfolgreich absolvierten Testphase kann die Lösung evaluiert werden. Sobald eine kritische Datenmenge erfasst wurde, können erste Rückschlüsse bezüglich der Nutzung und der Auswirkungen gezogen werden. Je nach Ergebnis muss dann entschieden werden, ob die Lösung in weiteren Bereichen eingesetzt werden soll oder ob Veränderungen vorgenommen werden müssen.

5.5.4 Datenaustausch mit MAXIMO

Die Anwendung „TPM-Fertigung“ soll in die VW MAXWEB-Umgebung integriert werden. Bei dieser Umgebung handelt es sich um webbasierte Erweiterungen, die Daten aus der MAXIMO-Datenbank auswerten und anzeigen können.

Für diese Umgebung wird das „Seam“-Framework genutzt. Das Framework bietet viele Technologien für die Entwicklung von Java-basierten Web-Applikationen wie z. B. AJAX⁵⁴. Ein wichtiger Bestandteil des Frameworks ist „Hibernate“, welches genutzt wird, um aus den Daten einer relationalen Datenbank Objekte zu generieren, die von Java verarbeitet werden können. Hibernate

⁵⁴ Asynchronous JavaScript and XML; eine Möglichkeit, einzelne Webseitenbereiche zu aktualisieren, ohne die komplette Ansicht neu zu laden

generiert automatisch die für das Laden, Verändern oder Neu-Erstellen der Objekte benötigten SQL-Abfragen. Dies hat den Vorteil, dass bei einer Datenbankänderung nicht mühsam jede einzelne SQL-Abfrage geändert werden muss.

Für das Zurückschreiben in die Datenbank wird RMI⁵⁵ genutzt. Dadurch lassen sich die MAXIMO-Methoden „entfernt“ durch „TPM-Fertigung“ aufrufen und verwenden. So können die von der Applikation veränderten Daten über MAXIMO zurück in die Datenbank geschrieben werden.

Abbildung 5-24 zeigt schematisch den Datenkreislauf. Hibernate liest die Daten aus der Datenbank, „TPM-Fertigung“ verarbeitet diese und via RMI werden die Daten wieder in die Datenbank geschrieben.

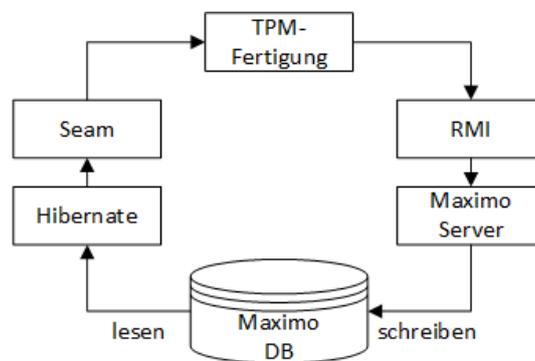


Abbildung 5-24: Schematische Darstellung der Datenverarbeitung

⁵⁵ Remote Method Invocation = „Entfernter Methodenaufruf“

6 Zusammenfassung

Zum Abschluss der Arbeit erfolgt eine Zusammenfassung der Untersuchung. Zunächst werden die einzelnen Kapitel kurz rekapituliert und die Ergebnisse zusammengefasst. Neben den Defiziten der Betrachtung werden auch die Forschungsperspektiven aufgezeigt, die sich aus dieser Arbeit ergeben. In den ersten beiden Kapiteln wurden die Rahmenbedingungen und die theoretischen Grundlagen dieser Arbeit dargelegt. Neben der Instandhaltung und dem TPM-Konzept wurden dort auch einige Werkzeuge beschrieben, die im weiteren Verlauf zum Einsatz kamen.

Das dritte Kapitel widmete sich der Untersuchung der Instandhaltung durch Fertigungsmitarbeiter in der VW AG. Die grundlegende TPM-Umsetzung und der Ist-Prozess der autonomen Instandhaltung wurden erörtert und auf Schwachstellen untersucht. Die Beseitigung der gefundenen Schwachstellen erfolgte im Rahmen der Beantwortung der Fragestellung, inwieweit die autonome Instandhaltung durch IT-Unterstützung verbessert werden kann.

Da der Ist-Prozess nur ein unvollständiges Bild der autonomen Instandhaltung zuließ, musste im vierten Kapitel ein Ordnungsrahmen als Hilfsmittel entwickelt werden. Mit diesem Werkzeug konnte die autonome Instandhaltung durch eine klare Struktur repräsentiert werden, die auch für die weitere Lösung genutzt wurde.

Im fünften Kapitel konnte gezeigt werden, dass der TPM-Prozess grundsätzlich durch ein IT-System unterstützt werden kann. Mit dem vorgestellten Lösungsansatz „TPM-Fertigung“ können sämtliche Probleme der Ist-Situation gelöst werden. Im Zuge der Betrachtung wurde der Prozess der autonomen Instandhaltung überarbeitet. Mit Hilfe der ARIS-Modellierung und unter Einsatz des Ordnungsrahmens wurde dazu ein Fachkonzept entwickelt, um die vorgeschlagene IT-Lösung zu einem späteren Zeitpunkt als MAXIMO-Erweiterung prototypisch umsetzen zu können.

6.1 Fazit:

Obwohl mit „TPM-Fertigung“ eine adäquate Lösung für die Problemstellung präsentiert wurde, stellt sie keineswegs eine „Patentlösung“ dar. Zwar trägt die Anwendung entscheidend zur Beseitigung der gefundenen Schwachstellen bei, jedoch ergeben sich auch offene Fragen und Probleme, die vor einer flächendeckenden Einführung diskutiert werden sollten. Im Speziellen betrifft dies die Mängelkarten und Mechanismen wie das „5 S“-Programm.

Das Konzept der doppelten Mängelkarten lässt sich nicht vollständig in einem IT-System abbilden. Der Grundgedanke hinter den Karten ist, dass jeweils eine Karte am erkannten Mangel und eine Karte an einer zentralen TPM-Tafel aufgehängt werden. Dadurch entsteht die Möglichkeit, dass ein Mangel direkt an einer Anlage „entdeckt“ und abgestellt werden kann, ohne die Aufgabe vorher explizit an der Tafel ausgewählt zu haben. Eine elektronische Anwendung kann in diesem Fall nur die zentrale Aufbewahrung und Anzeige übernehmen, die Markierung am Bauteil ist

nicht realisierbar. Eine weitere Unzulänglichkeit ergibt sich aus der starren Anzeige vordefinierter TPM-Aufgaben. Bei dem „5 S“-Programm handelt es sich um autonome Instandhaltung in ihrer reinsten Form, da der Mitarbeiter völlig selbstständig die anfallenden Instandhaltungstätigkeiten erkennt und ausführt. Diese Tätigkeiten lassen sich nur schwer nachvollziehen, da kein „Auftrag“ existiert, der durch das System erfasst werden kann. Somit erfolgt weder eine Dokumentation (zu Auswertungszwecken) noch lassen sich diese Tätigkeiten sinnvoll intern abrechnen. Sieht der Wartungsplan diese Tätigkeit noch einmal explizit vor, wird die Arbeit im Grunde doppelt erledigt, obschon argumentiert werden kann, dass der Aufwand mit jeder weiteren Ausführung geringer wird. Findet z. B. permanent eine Reinigung statt, so ist der Verschmutzungsgrad demzufolge geringer und der Reinigungsaufwand sinkt. Für die Analyse der Daten durch die Instandhaltungsabteilung oder die Qualitätssicherung ist es aber unerlässlich, dass jede Tätigkeit zurückgemeldet wird. Dies wird an einem Beispiel deutlich: Beseitigt ein Mitarbeiter jeden Tag eine Öllache, meldet dies aber nicht, weil er entweder den Zusammenhang nicht erkennt oder es als seine „normale“ Aufgabe ansieht, kann die Instandhaltungsabteilung keine Maßnahmen auslösen. Die Beseitigung der Symptome durch den Anlagenbediener verhindert in diesem Fall, dass die Instandhaltungsabteilung die Ursachen erkennen und beheben kann.

Durch die Vorgaben für diese Arbeit konnten einige Punkte vernachlässigt werden, die aber unter anderen Projekt-Umständen adressiert werden müssten. Im Gegensatz zu einer reinen Papierlösung ist der Einsatz eines IT-System mit nicht unerheblichen zusätzlichen Kosten verbunden. Allein durch die Touch-Screen-Terminals entstehen wesentlich höhere Kosten als durch die Einführung zentraler TPM-Tafeln. Während eine TPM-Tafel von einem ganzen Fertigungsbereich genutzt wird, finden sich an großen Anlagen bis zu zwei Touch-Screen-Terminals. Zu untersuchen wäre an dieser Stelle, ob die Mehrkosten einer eventuellen Neubeschaffung der Terminals durch die Vorteile der Lösung aufgewogen werden können. Im Idealfall führt „TPM-Fertigung“ zu einem besseren TPM-Prozess und damit indirekt zu einer besseren Anlagenverfügbarkeit. Einen entsprechend großen Untersuchungszyklus vorausgesetzt, könnte über die OEE ausgewertet werden, welche monetären Auswirkungen direkt auf die IT-Lösung zurückzuführen sind. Diese Daten könnten z. B. nach einem Testbetrieb des Prototypen ausgewertet werden, um zu entscheiden, ob eine Einführung sinnvoll ist.

Das Ziel der Arbeit, zu prüfen, ob und inwiefern IT zur Unterstützung eingesetzt werden kann, wurde durch die Fachkonzeption erfüllt. Sie zeigt, wie eine solche Lösung vorbereitet und realisiert werden könnte. Allein aus der Digitalisierung der bestehenden Prozesse und der damit einhergehenden Datenhaltung erschließen sich aber auch zahlreiche neue Untersuchungsgegenstände, die im Rahmen dieser Arbeit nicht mehr betrachtet werden können.

6.2 Ausblick:

Das entwickelte Fachkonzept zeigt, wie eine prototypische TPM-Funktionalität auf Basis eines EAM-Systems realisiert werden kann. In dieser Form kann die Anwendung „TPM-Fertigung“ sowohl unterstützend in Bereichen, die bereits TPM anwenden, als auch als erste Maßnahme eingesetzt werden, um die Mitarbeiter an die autonome Instandhaltung heranzuführen. Für die Nutzung der Anwendung ist es unerheblich, ob die Mitarbeiter mit dem TPM-Konzept vertraut sind.

Die Applikation ist jedoch nicht nur für TPM-Prozesse der Fertigung, sondern auch für andere Bereiche einsetzbar. Mit wenigen Modifikationen könnte die Anwendung beispielsweise die bestehende MAXIMO-Erweiterung „Auftragsliste“ vollständig ablösen. Die Instandhaltungsabteilung könnten die Aufträge dann nicht nur anzeigen, sondern direkt über die Terminals annehmen bzw. zurückmelden. In diesem Fall könnten die Touch-Screen-Terminals parallel von der Fertigung und der Instandhaltung genutzt werden. Abhängig vom Nutzer öffnet sich nach der Anmeldung die TPM- oder die Instandhaltungsanwendung. Aus diesem Grund sollte die Umsetzung der automatischen Anmeldung über die PKI-Karten zügig realisiert werden.

Das größte Potenzial der vorgestellten Lösung liegt aber in der Datenerfassung und Analyse. Allein durch die Auswertung erschließen sich zahlreiche Möglichkeiten, die bisherigen Zustände zu optimieren. Die elektronische Datenhaltung macht die Auswertung in Echtzeit möglich. Der Fertigungsmeister sieht den Status der TPM-Aufgaben nicht erst am Ende der Woche beim Abzeichnen der Wartungslisten, sondern könnte direkt in seiner MAXIMO-Oberfläche die aktuell offenen Aufgaben, Bearbeitungsquoten oder angefallenen Stillstandszeiten sehen und gegebenenfalls Maßnahmen auslösen. Auch die Qualitätssicherung könnte die Daten nutzen, um die TPM-Aufgaben zu verbessern. Werden die Aufgaben beispielsweise immer als „nicht in Ordnung“ zurückgemeldet, sind entweder die Intervalle zu lang gewählt oder die Bauteile zu schwach dimensioniert. Diese Daten könnten zusätzlich bei der Neubeschaffung von Anlagen oder Bauteilen genutzt werden, um Schwachstellen schon im Vorfeld zu beseitigen. Sogar eine Automatisierung solcher Analysen durch den Einsatz von Data-Mining ist denkbar. Ist aus dem Datenbestand vorhersagbar, dass ein „n. i. O.“-Zyklus droht, könnte der Aufgabe vom System eine Priorität zugewiesen werden, wie sie bereits bei den Instandhaltungsfolgaufträgen eingesetzt wird. Im Idealfall könnte das System auch vorbeugende Instandhaltungsaufträge auslösen, bevor ein Schaden eintritt.

Aus den Daten könnte auch ein Priorisierungskonzept für die Maßnahmen und Anlagen entwickelt werden. Anlagen, die häufig von Folgeaufträgen betroffen sind oder hohe Stillstandszeiten aufweisen, könnten durch eine höhere Aufgabenpriorität in der Bearbeitungsreihenfolge der TPM-Aufgaben bevorzugt werden.

Im Zuge dieser Arbeit wurde ein Ordnungsrahmen für die autonome Instandhaltung entwickelt,

aber nur für die Modellierung der Prozesse eingesetzt. Der Ordnungsrahmen könnte auch aber für die TPM-Anwendung genutzt werden. Klassifiziert man die TPM-Aufgaben gemäß dem vorgestellten Schema (z. B. im Stillstand/im Betrieb, geplant/nicht geplant), ergeben sich weitere Analysemöglichkeiten. Ferner könnten die TPM-Aufgaben den Instandhaltungstätigkeiten der einzelnen Maßnahmen zugeordnet werden (z. B. reinigen & ordnen, Verschleißteile etc.). Dadurch ergeben sich sowohl weitere Möglichkeiten für die Bedienung (z. B. eine Filterung nach den Tätigkeiten) und Anzeige (z. B. gleichmäßige Verteilung auf alle Schichten) als auch für ein eventuelles Priorisierungskonzept (reinigen = niedrig, Verschleißteil = hoch).

Um all diese neuen Möglichkeiten zu erschließen, ist jedoch die Umsetzung eines Prototypen erforderlich. Die entwickelte Fachkonzeption bildet die Grundlage für die weitere DV-Konzeption. Besonders die detaillierte Beschreibung der nötigen Veränderungen der vorhandenen Datenstrukturen und die einfache Konfigurierbarkeit des MAXIMO-Systems sollten den weiteren Entwicklungsaufwand in einem überschaubaren Rahmen halten.

Literaturverzeichnis

- [1] **Alcalde Rasch, Alejandro (2000)**: Erfolgspotential Instandhaltung. Theoretische Untersuchung und Entwurf eines ganzheitlichen Instandhaltungsmanagements. Berlin: Erich Schmidt (Duisburger betriebswirtschaftliche Schriften, 21).
- [2] **Allweyer, Thomas (2012)**: Geschäftsprozessmanagement. Strategie, Entwurf, Implementierung, Controlling. 5. Nachdr. Herdecke, Bochum: W3L-Verl (IT lernen).
- [3] **Al-Radhi, Mehdi (1997)**: Moderne Instandhaltung - TPM. Höhere Anlageneffektivität mit Total productive maintenance. München, Wien: Hanser (Pocket-Power, [13]).
- [4] **Al-Radhi, Mehdi; Heuer, Jörg (1995)**: Total productive maintenance. Konzept, Umsetzung, Erfahrung. München, Wien: Carl Hanser Verlag.
- [5] **Becker, Jörg (1996)**: Eine Architektur für Handelsinformationssysteme. In: *Arbeitsberichte des Instituts für Wirtschaftsinformatik* (46).
- [6] **Becker, Jörg (2008)**: Ein Plädoyer für die Entwicklung eines multidimensionalen Ordnungsrahmens zur hybriden Wertschöpfung. In: *Arbeitsberichte des Instituts für Wirtschaftsinformatik* (119).
- [7] **Biedermann, Hubert (1993)**: Instandhaltungsmanagement im Wandel. Kaizen, Lean Maintenance, TPM, Outsourcing : 9. Instandhaltungs-Forum. Köln: TÜV Rheinland (Reihe Praxiswissen für Ingenieure-- Instandhaltung).
- [8] **Bloß, Clemens (1995)**: Organisation der Instandhaltung. Wiesbaden: Dt. Univ.-Verl. (Gabler Edition Wissenschaft : Unternehmensführung & Controlling).
- [9] **Bundesministerium des Innern (2015)**: Handbuch für Organisationsuntersuchungen und Personalbedarfsermittlung. Hg. v. Bundesministerium des Innern / Bundesverwaltungsamt. Berlin. Online verfügbar unter <http://www.orghandbuch.de/OHB/DE/node.html>.
- [10] **Chand, G.; Shirvani, B. (2000)**: Implementation of TPM in cellular manufacture. In: *Journal of Materials Processing Technology* 103 (1), S. 149–154. DOI: 10.1016/S0924-0136(00)00407-6.
- [11] **Crespo Márquez, Adolfo (2007)**: The maintenance management framework. Models and methods for complex systems maintenance. London: Springer (Springer series in reliability engineering).
- [12] **Deutsches Komitee Instandhaltung e.V. (1980)**: DKIN Empfehlung Nr. 2. Gliederung der Instandhaltungsmaßnahmen. Hg. v. Deutsches Komitee Instandhaltung e.V. Düsseldorf.
- [13] **DIN 31051, 09.2012**: Grundlagen der Instandhaltung.
- [14] **Eichler, Christian (1984)**: Instandhaltungstechnik. 4., bearb. Aufl. Berlin: VEB Verlag Technik.
- [15] **Gadatsch, Andreas (2012)**: Grundkurs Geschäftsprozess-Management. Methoden und Werkzeuge für die IT-Praxis: eine Einführung für Studenten und Praktiker. 7. Aufl. Wiesbaden: Vieweg + Teubner (Studium).
- [16] **Goethals, Frank (2005)**: An Overview of Enterprise Architecture Framework Deliverables. A study of existing literature on 'architectures'. In: *SSRN Electronic Journal*. DOI: 10.2139/ssrn.870207.
- [17] **Hartmann, Edward H. (2000)**: TPM. Effiziente Instandhaltung und Maschinenmanagement ; Stillstandzeiten verringern, Maschinenleistungen steigern, Betriebszeiten erhöhen ; [Analyse und Umsetzung]. Landsberg: Verl. Moderne Industrie.
- [18] **Jacobi, Hans F. (1992)**: Begriffliche Abgrenzung. In: Hans-Jürgen Warnecke (Hg.): Handbuch Instandhaltung. Band 1: Instandhaltungsmanagement. 2., völlig überarb. Aufl. Köln: Verl. TÜV Rheinland, S. 17–32.
- [19] **Jagodejkin, Ralf (1997)**: Fertigungsintegrierte Instandhaltung. Berlin: IPK (Berichte aus dem Produktionstechnischen Zentrum Berlin).
- [20] **Jörg Becker, Volker Meise (2012)**: Strategie und Ordnungsrahmen. In: Michael Rosemann (Hg.): Prozessmanagement. Ein Leitfaden zur prozessorientierten Organisationsgestaltung. Unter Mitarbeit von Jörg Becker und Martin Kugeler. 7., korr. und erw. Aufl. Berlin [u.a.]: Springer Gabler, S. 112–163.

Literaturverzeichnis

- [21] **Krüger, Hanns-Günter (1995)**: Anlagenmanagement. Technik, Betriebswirtschaft und Organisation. Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, Hong Kong, Barcelona, Budapest: Springer.
- [22] **LEO GmbH (2015)**: dict.leo.org. framework - Englisch - Deutsch Wörterbuch - leo.org. Sauerlach. Online verfügbar unter <http://dict.leo.org/englisch-deutsch/framework.html>, zuletzt geprüft am 13.01.2015.
- [23] **Matthes, Dirk (2011)**: Enterprise Architecture Frameworks Kompendium. Über 50 Rahmenwerke für das IT-Management. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg (Xpert.press).
- [24] **Matyas, Kurt (1999)**: Taschenbuch Instandhaltungslogistik. Qualität und Produktivität steigern. München, Wien: Hanser (Praxisreihe Qualitätswissen).
- [25] **May, Constantin; Koch, Arno (2008)**: Overall Equipment Effectiveness (OEE). Werkzeug zur Produktivitätssteigerung. In: *Zeitschrift der Unternehmensberatung : ZUB* 3 (6), S. 245–250.
- [26] **Meise, Volker (2001)**: Ordnungsrahmen zur prozessorientierten Organisationsgestaltung. Modelle für das Management komplexer Reorganisationsprojekte. Hamburg: Kovač (Schriftenreihe Studien zur Wirtschaftsinformatik, 10).
- [27] **Nakajima, Seiichi (1988)**: Introduction to TPM. Total productive maintenance. Cambridge, Mass.: Productivity Press.
- [28] **Pawellek, Günther (2013)**: Integrierte Instandhaltung und Ersatzteillogistik. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- [29] **Reichel, Jens (Hg.) (2009)**: Betriebliche Instandhaltung. Unter Mitarbeit von Gerhard Müller und Johannes Mandelartz. Dordrecht, New York: Springer (VDI).
- [30] **Rosemann, Michael (Hg.) (2012)**: Prozessmanagement. Ein Leitfaden zur prozessorientierten Organisationsgestaltung. Unter Mitarbeit von Jörg Becker und Martin Kugeler. 7., korr. und erw. Aufl. Berlin [u.a.]: Springer Gabler.
- [31] **Rötzel, Adolf (2001)**: Instandhaltung. Eine betriebliche Herausforderung. 2. Aufl. Berlin, Offenbach: VDE-Verl.
- [32] **Scheer, August-Wilhelm (1992)**: Architektur integrierter Informationssysteme. Grundlagen der Unternehmensmodellierung. 2., verb. Aufl. Berlin u.a.: Springer.
- [33] **Scheer, August-Wilhelm (1993)**: Handbuch Informationsmanagement. Aufgaben - Konzepte - Praxislösungen. Wiesbaden: Gabler.
- [34] **Scheer, August-Wilhelm (1997)**: Wirtschaftsinformatik. Referenzmodelle für industrielle Geschäftsprozesse. 7., durchges. Aufl. Berlin, Heidelberg, New York, Barcelona, Budapest, Hongkong, London, Mailand, Paris, Santa Clara, Singapur, Tokio: Springer.
- [35] **Scheer, August-Wilhelm (1998)**: ARIS - Modellierungsmethoden, Metamodelle, Anwendungen. 3., völlig Neubearb. und erw. Aufl. Berlin [u.a.]: Springer.
- [36] **Scheer, August-Wilhelm (2002)**: ARIS - vom Geschäftsprozess zum Anwendungssystem. 4., durchges. Aufl. Berlin [u.a.]: Springer.
- [37] **Schenk, Michael (2010)**: Instandhaltung technischer Systeme. Methoden und Werkzeuge zur Gewährleistung eines sicheren und wirtschaftlichen Anlagenbetriebs. Heidelberg, New York: Springer.
- [38] **Schneider, Gabriel; Geiger, Ingrid Katharina; Scheuring, Johannes (2008)**: Prozess- und Qualitätsmanagement. Grundlagen der Prozessgestaltung und Qualitätsverbesserung mit zahlreichen Beispielen, Repetitionsfragen und Antworten. 1. Aufl., Ausg.: N0088. Zürich: Compendio Bildungsmedien (Betriebswirtschaftslehre).
- [39] **Schröder, Werner (2010)**: Ganzheitliches Instandhaltungsmanagement. Aufbau, Ausgestaltung und Bewertung. 1. Aufl. Wiesbaden: Gabler (Gabler Research).
- [40] **Schuh, Günther; Lorenz, Bert (2009)**: TPM – eine Basis für die wertorientierte Instandhaltung. In: Jens Reichel (Hg.): Betriebliche Instandhaltung. Unter Mitarbeit von Gerhard Müller und Johannes Mandelartz.

Literaturverzeichnis

- Dordrecht, New York: Springer (VDI), S. 75–87. Online verfügbar unter http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-00502-2_6.
- [41] **Schwegmann, Ansgar; Laske, Michael (2012)**: Istmodellierung und Istanalyse. In: Michael Rosemann (Hg.): Prozessmanagement. Ein Leitfaden zur prozessorientierten Organisationsgestaltung. Unter Mitarbeit von Jörg Becker und Martin Kugeler. 7., korr. und erw. Aufl. Berlin [u.a.]: Springer Gabler, S. 164–194.
- [42] **Seidlmeier, Heinrich (2015)**: Prozessmodellierung mit ARIS. Eine beispielorientierte Einführung für Studium und Praxis in ARIS 9. 4., aktualisierte Aufl. 2015. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- [43] **Söderholm, Peter; Holmgren, Mattias; Klefsjö, Bengt (2007)**: A process view of maintenance and its stakeholders. In: *Journal of Quality in Maintenance Engineering* 13 (1), S. 19–32. DOI: 10.1108/13552510710735096.
- [44] **Software AG (2015)**: ARIS 9.8 Business Modeling & Analysis. Hg. v. Software AG. Darmstadt. Online verfügbar unter http://www.softwareag.com/de/products/new_releases/aris9/overview/default.asp, zuletzt geprüft am 28.07.2015.
- [45] **Sowa, J. F.; Zachman, J. A. (1992)**: Extending and formalizing the framework for information systems architecture. In: *IBM Systems Journal* 31 (3), S. 590–616. DOI: 10.1147/sj.313.0590.
- [46] **Stachowiak, Herbert (1973)**: Allgemeine Modelltheorie. Wien, New York: Springer-Verlag.
- [47] Strunz, Matthias (2012): Instandhaltung. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- [48] **Thomas, Oliver; Kaffai, Bettina; Loos, Peter (2005)**: Referenzmodellbasiertes Event-Management mit Ereignisgesteuerten Prozessketten. In: M. Nüttgens und F. J. Rump (Hg.): EPK 2005: Geschäftsprozessmanagement mit Ereignisgesteuerten Prozessketten, 4. Workshop der GI und Treffen ihres Arbeitskreises "Geschäftsprozessmanagement mit Ereignisgesteuerten Prozessketten (WI-EPK 2005). GI Bonn. GI Bonn, S. 74–96.
- [49] **ThyssenKrupp AG (2014)**: Erste Ofenreise nach 21 Jahren beendet: Größter Hochofen Europas wird modernisiert. Online verfügbar unter http://www.thyssenkrupp.com/de/presse/art_detail.html&eid=TKBase_1400220053849_1928848792, zuletzt geprüft am 10.03.2015.
- [50] **Ulrich, Hans (1982)**: Anwendungsorientierte Wissenschaft. In: *Die Unternehmung* 36 (1), S. 1–10.
- [51] **verlag moderne industrie GmbH (Hg.) (2011)**: Sonderheft Markt 2011/2012. *Instandhaltung* (6). Landsberg: verlag moderne industrie GmbH.
- [52] **VWAG (2013)**: Enterprise Asset Management (EAM) bei Volkswagen. IT-Systeme/-Unterstützung für Instandhaltung durch K-SIPB/71. Unter Mitarbeit von Eduard Wolter, Holger Letas. Hg. v. VWAG. Wolfsburg.
- [53] **VWAG (2013b)**: Methodenhandbuch TPM. Leitfaden zum Methodenbaustein TPM. Hg. v. VWAG. Wolfsburg.
- [54] **Warnecke, Hans-Jürgen (Hg.) (1992)**: Handbuch Instandhaltung. Band 1: Instandhaltungsmanagement. 2., völlig überarb. Aufl. Köln: Verl. TÜV Rheinland.
- [55] **Werner, Ralf (1995)**: Instandhaltung. Berlin, Frankfurt am Main: VDE-Verl.; Verl.- und Wirtschaftsges. der Elektrizitätswerke (Anlagentechnik für elektrische Verteilungsnetze, Bd. 12).
- [56] **Westkämper, Engelbert (1999)**: Instandhaltungsmanagement in neuen Organisationsformen. Unter Mitarbeit von Wilfried Sinn und Siegfried Stender. Berlin [u.a.]: Springer.
- [57] **Wiethoff, Hartmut (1995)**: Schnittstellenmanagement im schlanken Unternehmen. das Beispiel der produktionsnahen Instandhaltung. In: *Wirtschaftswissenschaftliches Studium: WiSt - Zeitschrift für Ausbildung und Hochschulkontakt* 24 (7), S. 354–359.
- [58] **Zachman, John A. (1987)**: A framework for information systems architecture. In: *IBM Systems Journal* 26 (3), S. 276–292. DOI: 10.1147/sj.263.0276.

Anhang

A.1. TPM-Verfahrensschritte

Tabelle A-1 listet die fünf beschriebenen Säulen mit ihren jeweiligen Verfahrensschritten auf

TPM-Säule	Verfahrensschritte
Beseitigung von Schwerpunktproblemen	<ol style="list-style-type: none"> 1. Verlustquellen identifizieren 2. Schwerpunkte bestimmen 3. Verbesserungsteams bilden 4. Ursachen analysieren 5. Maßnahmen erarbeiten 6. Maßnahmen durchführen 7. Erfolgskontrolle durchführen
Autonome Instandhaltung	<ol style="list-style-type: none"> 1. Grundreinigung mit erster Überprüfung 2. Maßnahmen gegen Verschmutzungsquellen und Verbesserung der Zugänglichkeit 3. Entwicklung von vorläufigen Standards 4. Inspektion und Wartung der gesamten 5. Produktionsanlagen 6. Beginn der autonomen Instandhaltung 7. Organisation und Verbesserung des Arbeitsplatzes 8. Autonome Instandhaltung
Geplantes Instandhaltungsprogramm	<ol style="list-style-type: none"> 1. Setzen von Instandhaltungsprioritäten 2. Beseitigung der Schwachstellen 3. Aufbau eines Informationssystems 4. Beginn der geplanten Instandhaltung 5. Erhöhen der Instandhaltungsleistung 6. Verbesserte Instandhaltung 7. Geplantes Instandhaltungsprogramm
Instandhaltungsprävention	<ol style="list-style-type: none"> 1. Produktentwicklung 2. Anlagenkonzept 3. Anlagenkonstruktion 4. Herstellung der Anlage 5. Installation der Anlage 6. Anlauf der Anlage 7. Betrieb
Schulung und Training	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bewusstsein 2. Grundlagen von TPM 3. Werkzeuge von TPM 4. Kommunikation im Team 5. Autonome Instandhaltung 6. Geplante Instandhaltung 7. Fertigungskennnisse

Tabelle A-1: Übersicht der Verfahrensschritte der TPM-Säulen (in Anlehnung an Al-Radhi, S.19 – 107).

A.2. Autonome Instandhaltung

Anhang

Stufe	Maßnahmen	Ziele und Ergebnisse
Grundreinigung – „Reinigung ist auch Inspektion“	<ul style="list-style-type: none"> • Grundreinigung der Anlage, Schmutz als Diagnosemittel • Mängel und verborgene Kleinstdefekte entdecken, sofort beheben oder mittels Mängelkarte dokumentieren und nachträglich abarbeiten 	<ul style="list-style-type: none"> • Dient als Training, um Anlage besser kennenzulernen • Verhindert verschmutzungsbedingten erzwungenen Verschleiß • Saubere Anlage ist Folge der Grundreinigungsaktivität, aber nicht vordergründiges Ziel! • Sollzustand wird hergestellt, Mängelkarten eingeführt
Verschmutzungsquellen und Zugänglichkeit	<ul style="list-style-type: none"> • Intensiv mit dem Thema Schmutz befassen • Entstehung und Verbreitung von Dreck, Staub, Schmutz verhindern • Verbesserung an schwer zugänglichen Stellen, um aufwendige Wartungs-, Inspektions- und Reinigungstätigkeiten zu vereinfachen 	<ul style="list-style-type: none"> • Ergebnisse verfolgen und aus Erfolgen lernen • Qualität von W.I.R.-Tätigkeiten halten und erhöhen • Maßnahmen führen typischerweise zur Reduzierung der W.I.R.-Zeiten • Reinigungsaufwand wird deutlich verringert
Standards	<ul style="list-style-type: none"> • Definition und Herstellung des Sollzustandes • Dessen zuverlässige Aufrechterhaltung mit minimalem Aufwand • Definition von W.I.R.-Abläufen durch TPM-Kleingruppen aus den bisherigen W.I.R.-Plänen • Ermittlung und Dokumentation des jeweils benötigten Zeitaufwandes • Gleichmäßige Aufteilung der W.I.R.-Tätigkeiten nach Zyklen, Zeiten und benötigten Qualifikationen auf alle Schichten 	<ul style="list-style-type: none"> • Einführung einer standardisierten Zeit („TPM-Zeit“) zur Abarbeitung der W.I.R.-Standards durch alle Mitarbeiter bei minimalen Anlagenstillstandszeiten • TPM-Kleingruppe erarbeitet die W.I.R.-Standards und legt diese bindend fest • W.I.R.-Standards werden gelebt
Training / Qualifizierung	<ul style="list-style-type: none"> • Erstellung eines W.I.R.-Ordnern (Fertigung/Instandhaltung) für Überprüfung der Gesamtanlage (Generalinspektion) • Vereinfachen der Inspektion durch visuelle Kontrollhilfen • Zusammenlegen und Optimieren von Inspektionen • Ermittlung des Qualifikationsbedarfs, Erstellung einer Qualifikationsmatrix und Durchführung einer Qualitätsplanung für Wartung / Instandhaltung / TPM • Schulungsunterlagen für wichtige W.I.R.-Tätigkeiten erstellen 	<ul style="list-style-type: none"> • Alle Mitarbeiter werden systematisch befähigt, die Gesamtanlage im Sollzustand zu halten und mögliche Verluste zu erkennen / vermeiden • Gläserne Maschine

Anhang

	<p>len</p> <ul style="list-style-type: none"> • Schulung der Mitarbeiter nach Qualifikationsplanung • Training und Qualifizierung in Theorie und Praxis • Befähigung der Mitarbeiter zur richtigen Analyse der Inspektionsergebnisse 	
Autonome Instandhaltung	<ul style="list-style-type: none"> • Kontinuierliche Verbesserung und Weiterentwicklung der in den Stufen 1-4 entwickelten Standards • Konsequente Umsetzung eines eigenständigen Anlagenmanagements zur Aufrechterhaltung eines sauberen und verlustfreien Arbeitsplatzes, d. h.: <ul style="list-style-type: none"> - Kontinuierliche Aufzeichnung, Analyse und Reduzierung von Verlusten - Kontinuierliche Schwachstellenanalyse und Verbesserung der Prozessqualität - Weitere Verbesserung des visuellen Managements (Markierungen etc.) - Weiterentwicklung der Mitarbeiterqualifizierung und Problemlösungskompetenz an steigende Anforderungen (Produktwechsel, neue Technologien) • Einbindung des gesamten Teams in das Anlagenmanagement • Weiterentwicklung der TPM-Aktivitäten in Abstimmung mit den Handlungsfeldern des Konzern-Produktionssystems 	<ul style="list-style-type: none"> • Team hält fortlaufenden Verbesserungsprozess autonom aufrecht und führt hierzu Selbst-Checks durch • Das Team pflegt die Maschinen nach Standard und hält den Verbesserungsprozess am Leben • Nachhaltige Problembeseitigung durch Ursachenanalyse • Übergang in den fortlaufenden Verbesserungsprozess = vollkommenes autonomes Management

Tabelle A-2: fünfstufige autonome Instandhaltung in der VW AG [cite(VWAG 2013b) S39-58]

A.3. Inhalte der TPM-Tafel

Die Tabelle A-3 listet die möglichen Inhalte einer TPM-Tafel auf.

Bereich	Inhalt
Allgemein	OEE-Verlauf Problemlblatt der Woche (Stückzahlverluste) Maßnahmenplan Technik Maschinenlayout Zuständige Mitarbeiter Darstellung der bestandenen TPM-Checks und Zertifikate
Beseitigung Schwerpunktprobleme	Pareto-Analysen Problemlöseprozess Einzelverfolgung des Fehlerverlaufs
Autonome Instandhaltung	Mängellisten (blau) W.I.R.-Pläne Verschmutzungsquellen und schwer zugängliche Stellen W.I.R.-Zeiten Mängelkarten „neu“ und „in Bearbeitung“
Geplante Instandhaltung	Mängellisten (rot) W.I.R.-Pläne W.I.R.-Standards Maßnahmen der Langfristinstandhaltung Verlauf der Instandhaltungsaufwendungen
Schulung und Training	Qualifizierungsmatrix inkl. Soll/Ist-Abgleich Kurzunterweisungen (EMU) Erfolgsgeschichten (Vorher / Nachher)

Tabelle A-3: Mögliche Inhalte einer TPM-Tafel